



SELLULOOSAPOLYMEEREISTÄ NYKYKORUIKSI

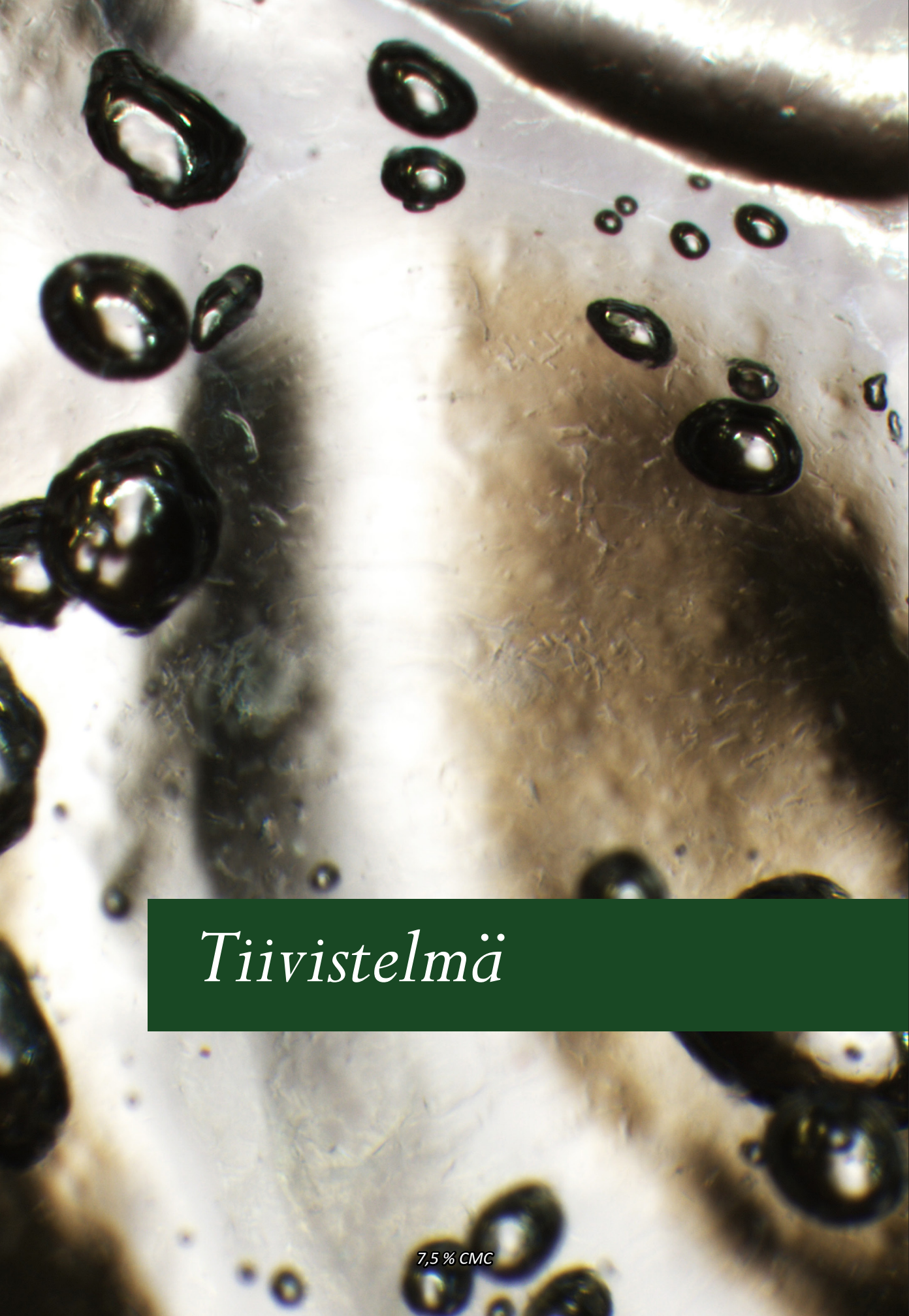
Iines Jakovlev

Taiteen kandidaatin opinnäyte

Muotoilu

Aalto-yliopisto

2018



Tiivistelmä

7,5 % CMC

Tekijä lines Jakovlev

Työn nimi Selluloosapolymeereistä nykykoruiksi

Laitos Muotoilun laitos

Koulutusohjelma Muotoilu

Vuosi 2018

Sivumäärä 82

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tässä kandidaatin opinnäytetyössä tutustuin neljään erilaiseen selluloosa-polymeeriin materiaalitutkimuksen kautta. Tutkin näiden materiaalien piirteitä koestamalla ja käytin niiden ominaisuuksia nykykorujen valmistuksessa. Materiaalitutkimusosio sisältää kymmenen erilaista testiä valituille selluloosa-polymeereille, joita ovat nanofibrillaarinen selluloosa (NFC), mikrofibrillaarinen selluloosa (MFC), mikrokiteinen selluloosa (MCC) ja karboksimeetylliselluloosa (CMC). Materiaalitutkimus ja nykykorujen valmistus on tehty pääasiassa CHEMARTS:n laboratoriossa Otaniemessä.

Opinnäytetyö sisältää teoreettisen tietoperustaosan, jossa käsitellään niin nykykorua kuin selluloosaa, tutkimuksellisen osan, jossa tutkitaan valittuja selluloosamateriaaleja ja niiden ominaisuuksia, sekä produktiivisen osan, jossa luodaan nykykoruja tieteellisen ja tutkimuksellisen osion pohjalta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua selluloosamateriaaleihin tulevaisuuden uutena muovin korvaajana, sekä käyttää valittuja materiaaleja tuotteiden valmistuksessa.

Tutkimuksen aikana mietin, miten materiaaleja voisi käyttää nykykorun valmistuksessa pääasiallisesti visuaalisin keinoin. Esimerkiksi korun kestävyys ei ollut tärkeässä osassa. Valmistin yhteensä neljä erilaista nykykorua käyttäen jokaista selluloosamateriaalia erilaisin menetelmin, jotka pohjautuivat materiaalitutkimuksiini. Tekemäni nykykorut saivat inspiraationsa materiaalitutkimuksien koepaloista otetuista mikroskooppikuvista. Nämä kuvat toimivat myös opinnäytetyön kuvituksena. Valokuvasin valmiit nykykorut puettuna ja pohdin kehon ja korun yhteyttä.

Avainsanat selluloosa, materiaalitutkimus, nykykoru, koru, CHEMARTS, nanoselluloosa, selluloosapolymeeri, nanofibrillaarinen selluloosa, NFC, mikrofibrillaarinen selluloosa, MFC, mikrokiteinen selluloosa, MCC, karboksimeetylliselluloosa, CMC



Sisällysluettelo

1. Johdanto	6
2. Lähtökohdat ja tavoitteet.....	8
3. Tutkimusmenetelmät	10
4. Koru ja nykykoru.....	12
5. Selluloosa	18
5.1. Selluloosa materiaalina	19
5.2. Selluloosananomateriaalit ja CMC	22
5.3. Valitut selluloosamateriaalit	24
5.3.1. Nanofibrillaarinen selluloosa NFC	24
5.3.2. Mikrofibrillaarinen selluloosa MFC	25
5.3.3. Mikrokiteinen selluloosa MCC	26
5.3.4. Karboksimeetylliselluloosa CMC.....	27
6. Materiaalikoheet.....	28
6.1. Materiaalirajaus	29
6.2. Kosteuspitoisuus	30
6.3. Selluloosamateriaalien kuivatus.....	32
6.3.1. Kuivaus huoneenlämmössä.....	32
6.3.2. Kuivaus uunissa	36
6.3.3. Kuivaus lämpöpuristimessa	38
6.3.4. Kuivaus tyhjiöuunissa	40
6.4. Muoto ja kutistuma	42
6.5. Selluloosat sidos- ja täyteaineina	44
6.6. Valettava selluloosamassa	50
6.7. Selluloosakuitu sitojana	54
6.8. Vaahdottaminen	58
7. Materiaaleista nykykoruksi	60
7.1. Valitut materiaalit	61
7.2. Nykykoru NFC.....	62
7.3. Nykykoru MFC	67
7.4. Nykykoru MCC + CMC 2,5 %.....	70
7.5. Nykykoru CMC 7,5 %.....	74
8. Yhteenveto ja johtopäätökset	78
Lädeluettelo	80



1. Johdanto

7,5% CMC

Muotoilijana koen tarvetta itse tuotteen ulkonäön ja toiminnan lisäksi keskittyä myös siihen, mistä ja miten se valmistetaan. Nyt, kun muovituotteita valmistetaan ennätysmäärät ja öljyn arvioidaan loppuvan jo viidenkymmenen vuoden kuluessa, tulee muotoilijoiden keskittyä myös suunnittelemiansa tuotteiden materiaaleihin ja valmistusmenetelmiin. Varsinkin muoville tulisi löytyä korvaaja. Suomessa on pitkä historia sellu- ja paperiteollisuudessa ja täällä uskotaan selluloosan mahdollisuuksiin ja sen kautta uusiin innovaatioihin.

Olen tutustunut tässä opinnäytetyössäni neljään erilaiseen selluloosamateriaaliin, joita voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa käyttää muovin korvaajana. Tutkin näitä materiaaleja ja niiden ominaisuuksia, samalla miettien, kuinka niitä voisi käyttää koruvalmistuksessa. Valitsin lopputyöni aiheeksi nykykorun, sillä sen avulla voi mielestäni ottaa vahvasti kantaa niin materiaalivalinnoilla kuin muodonannolla. Tämä opinnäytetyö sisältää teoreettisen tietoperustan, jossa käsitellään niin nykykorua kuin selluloosaa, tutkimuksellisen osan, jossa tutkitaan valittuja selluloosamateriaaleja sekä niiden ominaisuuksia, sekä produktiivisen osan, jossa luodaan lopullinen tuote tieteellisen ja tutkimuksellisen osion pohjalta.

Tämän opinnäytetyöni tekemisen mahdollisti CHEMARTS sekä siinä toimivat tutkijat ja muotoilijat. CHEMARTS on pitkäaikainen yhteistyöprojekti Aalto-yliopiston kemian tekniikan (CHEM) sekä taiteiden ja suunnittelun (ARTS) korkeakoulujen välillä. Yhteistyön tarkoituksena on kehittää uusia tapoja valjastaa puuta ja selluloosaa tutkien kehittyneiden selluloosamateriaalien suorituskykyä ja muotoilua innovatiivisiin käyttötarkoituksiin. (Aalto University/CHEMARTS, 2018)

Suhteeni CHEMARTSiin alkoi 2017 vuoden keväällä *Design meets biomaterials* -kurssilla, jossa tutustuimme monialaisissa ryhmissä eri materiaaleihin. Silloin pääsin ensimmäistä kertaa tutustumaan selluloosa-asetaattiin. Jatkoin materiaalin tutkimista samana kesänä CHEMARTS -kesäkurssilla, joka on myös sivuaineeni. Keskityin tutkimuksissani selluloosa-asetaattipohjaisen valettavan korumateriaalin valmistukseen.

Vuoden 2018 kesällä sain mahdollisuuden jatkaa korututkimuksiani CHEMARTSin laboratoriotiloissa tämän opinnäytetyön parissa. Haluankin sydämestäni kiittää prof. Pirjo Kääriäistä sekä prof. Tapani Vuorista tästä mahdollisuudesta. Samaan aikaan autoin uusia kesäkurssilaisia heidän tutkimuksissaan, joka edesauttoi myös omaa oppimistani. Koko yhteistyö CHEMARTS:in kanssa on avannut minulle uusia suuntia tutkivana muotoilijana.

A microscopic image showing a dense network of cellulose fibers. The fibers are dark, elongated, and have a rough, textured surface. They are intertwined and form a complex, web-like structure. The background is a lighter, mottled grey.

2. Lähtökohdat ja tavoitteet

Puu on minulle hyvin luonnollinen materiaali käsitellä ja työstää. Puusta valmistetulla selluloosalla taas on täysin erilaiset ominaisuutensa. Kiinnostuin selluloosasta CHEMARTS:n kesäkurssilla ja halusin tutustua paremmin erilaisiin selluloosamateriaaleihin. Halusin myös päästä muotoilijana kiinni uusiin erilaisiin innovatiivisiin materiaaleihin ja niiden käyttötapoihin, joiden uskon tulevaisuudessa yleistyvän suuresti.

Olen aikaisemmin valmistanut selluloosa-asetaatista sekä muista materiaaleista koruja ja päädyin perinteisen korun sijaan tutustumaan nykykoruihin (*contemporary jewelry*). Koen että uudet innovatiiviset korumateriaalit vaativat rinnalleen uudenlaisia, perinteitä rikkovia nykykoruja.

Alun perin suunnitelmani oli tehdä aikaisemmin kehittämälläni valettavalle selluloosa-asetaatilla pohjaiselle komposiitille korvaaja, mutta tutkimuksen edetessä syntyi idea materiaalilähtöiseen korunvalmistukseen. Tavoitteenani oli tutustua valitsemini selluloosapolymeereihin paremmin ja oppia niiden ominaisuuksista, sekä käyttää niitä hyväkseni produktiossa. Pyrin myös tutustumaan syvemmin selluloosan ja nykykorun maailmaan. Opinnäytteeni tutkimuskysymys onkin, kuinka selluloosapolymeerimateriaalit käyttäytyvät ja kuinka niiden ominaisuuksia voi käyttää hyödyksi nykykorun valmistuksessa.



3. Tutkimusmenetelmät

Vaahdotettu MFC

Tutustuin erilaisiin selluloosapohjaisiin materiaaleihin koestamalla ja tutkimalla niiden ominaisuuksia ja käyttäytymistä. Tein kymmenen erilaista testiä valitsemilleni selluloosapolymeereille, joita ovat nanofibrillaarinen selluloosa (NFC), mikrofibrillaarinen selluloosa (MFC), mikrokiteinen selluloosa (MCC) ja karkosimetyyliselluloosa (CMC).

Tutkimukseni tein pääasiallisesti CHEMARTS:n laboratoriossa Otaniemessä käyttäen tarjolla olevia laboratoriovälineitä ja -laitteita. Pyrin tekemään tutkimukseni johdonmukaisesti ja keräämään runsaasti tietoa materiaaleista ja niiden käyttäytymisestä. Tutkimuksien aikana mietin, kuinka voisin käyttää materiaalien ominaisuuksia hyödynni omien nykykorujeni valmistuksessa.

Valmistin jokaisesta selluloosamateriaalista pääasiassa sen visuaalisille ominaisuuksille soveltuvan nykykorun. Korun kestävyys ja käyttömukavuus väistyivät tärkeydessään materiaalille sekä sen piirteille. Valmiita koruja en suunnitellut tiettyyn kohtaan vartaloa sijoitettavaksi, vaan korut saivat itse löytää oman paikkansa kehosta. Tästä syystä myös korujen tekeminen oli hyvin luovaa ja suunnittelematonta ilman luonnosteluvaihetta. Korut saivat inspiraationsa materiaalikokeista ottamistani mikroskooppikuvista.



4. Koru ja nykykoru

Kielitoimiston sanakirjan mukaan koru on ”*asun somisteena käytettävä pienehkö (arvokas) koriste-esine*” (Kotimaisten kielten keskus, 2018). Mielenkiintoista on se, että sanakirja liittää koruun sanan ”arvokas” vaikkakin vain suluissa. Eiväthän kaikki korut, esimerkiksi rihkamakorut, ole materiaalinsa puolesta arvokkaita. Sana voi tarkoittaa rahallista arvoa, mutta koru voi kuitenkin saada arvon muutenkin kuin materiaalin markkina-arvon kautta.

Tässä opinnäytetyössäni käsittelen nykykorun (*contemporary jewelry*) määrittelyn apuna Päivi Ruutiainen väitöskirjaa *Onko puhelinkoppi koru? – Nykykoru taiteen kentällä*. Teoksessa käsitellään kattavasti nykykorua ja sen piirteitä kooten tietoa hajanaisilta nykykoruun liittyviltä kentiltä. Ruutiainen on nostanut esiin nykykorulle tärkeät piirteet, joiden avulla sen voi määrittää. Kaikkia korun ominaisuuksia nykykorulla ei tarvitse olla ja nykykoruiksi määritellyt korut voivat olla myös ristiriidassa keskenään. Opinnäytetyössäni käytän myös Damian Skinnerin ajatuksia lähteenäni teoksesta *Contemporary Jewelry in Perspective*, jossa hän tuo esiin nykykorun ominaisuuksia esimerkkien kautta.

Perinteinen koru toimii pääasiassa kauniina esineenä tai merkityksen kantajana. Se voi esimerkiksi kertoa kantajansa tyylistä, arvoista ja statuksesta. Korut sisältävät myös kantajalleen muistoja ja tarkoituksia, jotka eivät näy muille. (Ahde-Deal, 2013.)

Perinteisestä korusta irtautunut nykykoru voidaan rinnastaa nykytaiteeseen. Käsitteenä nykykoru sijoittuu tähän päivään, nykyisyyteen ja aikaalaistointaan. Nykykorun historian voi katsoa alkaneen samaan aikaan nykytaiteen kanssa 1960-luvulla, jolloin katsotaan olleen myös korun voimakas muutosvaihe. Se, milloin nykykorun vaihe alkoi, on kuitenkin kiistelty ja vaihtelee lähteen mukaan. (Ruutiainen, 2012.)

Nykykorun käsitteelle ei ole tarkkaa määritelmää, vaan se vaihtelee lähteen mukaan. Nykykorun käsitteitä on useita erilaisia ja myös nykykorun nimikkeiden alla olevia koruja on pyritty jakamaan erilaisilla uusilla nimikkeillä, jotka pohjautuvat tekotapoihin, ulkonäköön, prosesseihin ja materiaaleihin. Nykykoru on kuitenkin perinteisestä korusta selkeästi erottuva, vaikkakin epäselvästi määriteltävä. Nykykoru rikkoo perinteisen korun rajoja ja sitä, mikä on koru. (Skinner, 2013.)

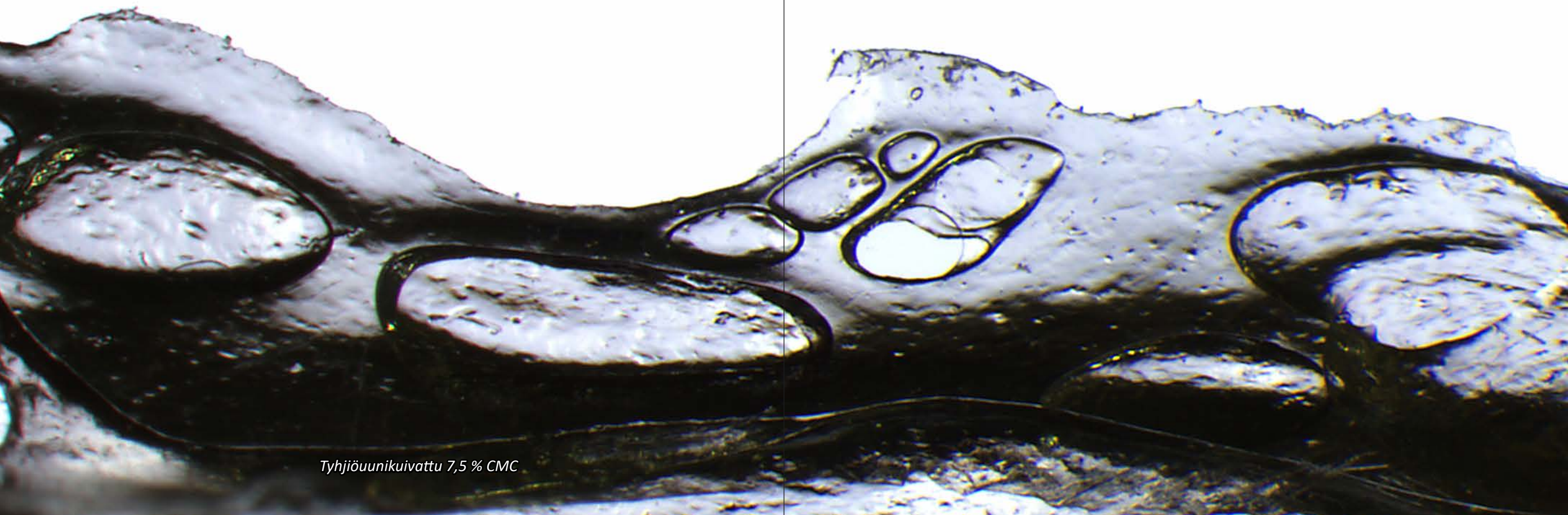
Perinteiselle korulle tärkeitä piirteitä ovat soveliaat materiaalit ja tekniikat, keuhollisuus, sukupuoli, aitous, kauneus ja korumaisuus. Nykykoru haastaa näitä koruun liitettyjä itsestäänselvyyksiä uudennlaisilla näkemyksillä. Yleisesti murretaan varsinkin korun kauneuskäsitettä. (Ruutiainen, 2012.)

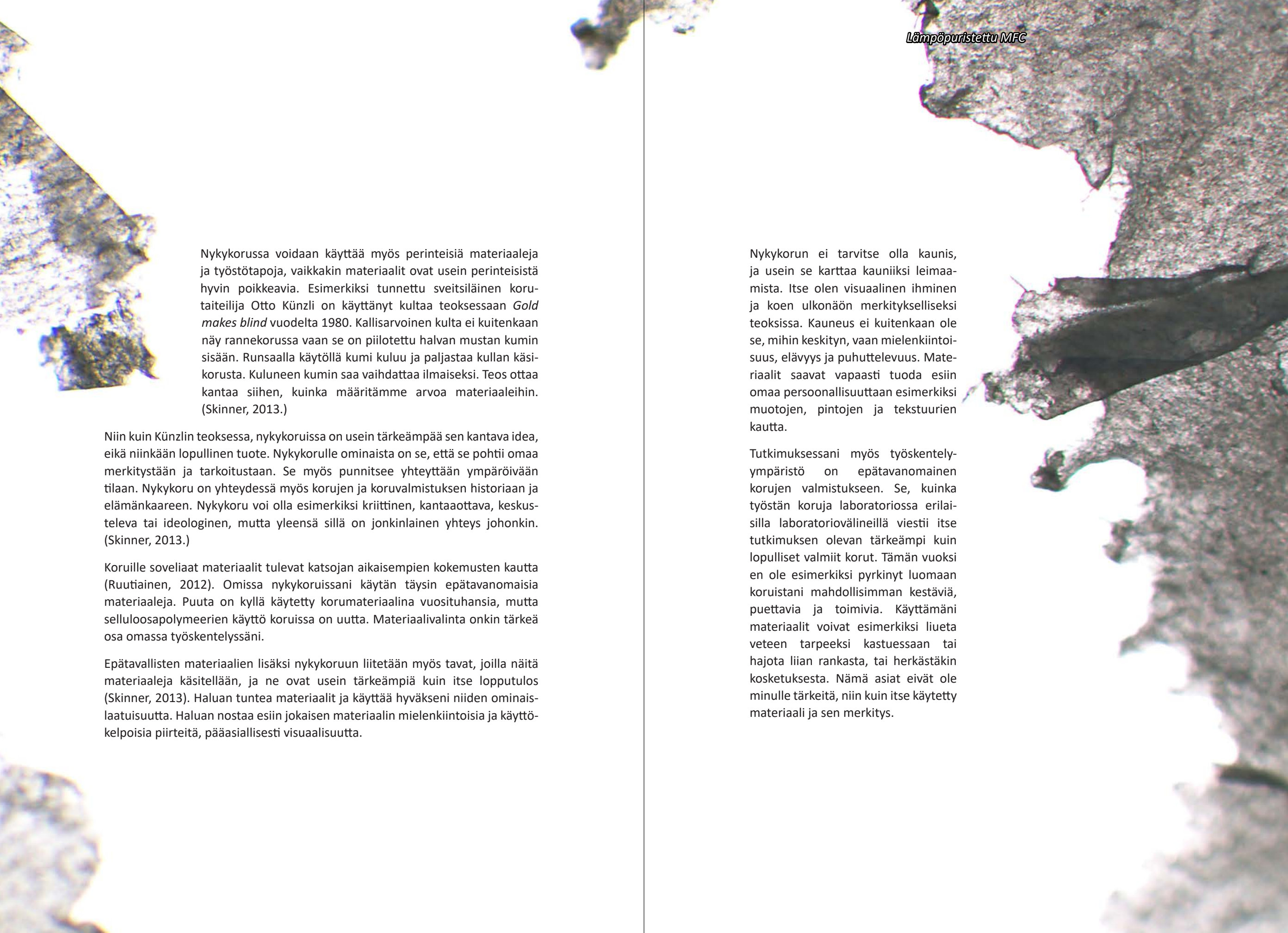
Korulle on tärkeää korun ja kehon välinen suhde – muutenhan se ei olisi koru. Koru on puettava ja tilallinen, ja sillä on paikka ihmisen kehossa. Tärkeää on myös korun ja kehon välinen kokosuhde. Nykykoru voi ottaa kantaa korun luonteeseen esimerkiksi siinä, onko taskussa kannettava kivi koru. Myös korun ja vartalon välisiä suhteita voidaan liioitella esimerkiksi ylisuurilla ja painavilla nykykoruilla. (Ruutiainen, 2012.) Nykykorun tulee olla yhteydessä kehoon ja ihmiseen, mutta ihminen usein jää nykykorun ulkopuolelle (Skinner, 2013).

Korut usein mielletään joko miesten tai naisten koruiksi, kuten kalvosinnapit, helmet, solmioneulat ja rintakorut. Korutaiteen aiheet liitetään yleisesti naisein tai koetaan naiselliseksi. Nykykoru voi nostaa esiin sukupuolia ja niiden eroja tai häivyttää sukupuolen kokemusta. (Ruutiainen, 2012.)

Korun aitous on käsite, joka tulee usein vastaan korumarkkinoinnissa tai keskustelussa. Sillä voidaan viitata itse tekniikkaan ja työhön, esimerkiksi aitona kulta-sepäntyönä, tai sillä viitataan materiaaleihin kuten aitoihin helmiin. Synonyymi aidoille materiaaleille ovat jalometallit ja jalokivet ja niihin liitetään arvokkuus ja käsitykset esteettisyydestä. Tämä ei päde nykykorun maailmassa, jossa korun aitous voi merkitä yhä useampaa asiaa, eikä nykykorulla ole tarvetta olla aito. (Ruutiainen, 2012.)

Kauneus ja korumaisuus ovat asioita, jotka kuuluvat perinteiseen koruun. Niiden tulee viehättää ulkonäöllään. Kauneus liittyy korun perinteeseen. Kaunis koru on esimerkiksi koristeellinen, hento, siro, hauras ja pitsimäinen. Kaunis koru ei kuitenkaan tarvitse perusteluja kauneuteensa, vaan sitä pidetään itsestäänselvyytenä, samoin kuin arkipuheen naisellisuutta ja miehisyttä. Korun kauneuteen ja korumaisuuteen liittyvät vahvasti materiaalit, tekniikat sekä korun muoto. Nämä perinteiset kauniina pidetyt kalliit materiaalit ja työstötavat on haastettu muun muassa ekologialla ja kierrätyksellä. (Ruutiainen, 2012.)





Nykykorussa voidaan käyttää myös perinteisiä materiaaleja ja työstötapoja, vaikkakin materiaalit ovat usein perinteisistä hyvin poikkeavia. Esimerkiksi tunnettu sveitsiläinen korutaiteilija Otto Künzli on käyttänyt kultaa teoksessaan *Gold makes blind* vuodelta 1980. Kallisarvoinen kulta ei kuitenkaan näy rannekorussa vaan se on piilotettu halvan mustan kumin sisään. Runsaalla käytöllä kumi kuluu ja paljastaa kullan käsi-korusta. Kuluneen kumin saa vaihdattaa ilmaiseksi. Teos ottaa kantaa siihen, kuinka määritämme arvoa materiaaleihin. (Skinner, 2013.)

Niin kuin Künzlin teoksessa, nykykoruissa on usein tärkeämpää sen kantava idea, eikä niinkään lopullinen tuote. Nykykorulle ominaista on se, että se pohtii omaa merkitystään ja tarkoitustaan. Se myös punnitsee yhteyttään ympäröivään tilaan. Nykykoru on yhteydessä myös korujen ja koruvalmistuksen historiaan ja elämäntapaan. Nykykoru voi olla esimerkiksi kriittinen, kantaaottava, keskustelevalta tai ideologinen, mutta yleensä sillä on jonkinlainen yhteys johonkin. (Skinner, 2013.)

Koruille soveliaat materiaalit tulevat katsojan aikaisempien kokemusten kautta (Ruutiainen, 2012). Omissa nykykoruissani käytän täysin epätavanomaisia materiaaleja. Puuta on kyllä käytetty korumateriaalina vuosikymmeniä, mutta selluloosapolymeerien käyttö koruissa on uutta. Materiaalivalinta onkin tärkeä osa omassa työskentelyssäni.

Epätavallisten materiaalien lisäksi nykykoruun liitetään myös tavat, joilla näitä materiaaleja käsitellään, ja ne ovat usein tärkeämpiä kuin itse lopputulos (Skinner, 2013). Haluan tuntea materiaalit ja käyttää hyväkseni niiden ominaislaatuista. Haluan nostaa esiin jokaisen materiaalin mielenkiintoisia ja käyttökelpoisia piirteitä, pääasiallisesti visuaalisuutta.

Lämpöpuristettu MFC

Nykykorun ei tarvitse olla kaunis, ja usein se karttaa kauniiksi leimaa-mista. Itse olen visuaalinen ihminen ja koen ulkonäön merkitykselliseksi teoksissa. Kauneus ei kuitenkaan ole se, mihin keskityn, vaan mielenkiintoisuus, elävyys ja puhuttelevuus. Materiaalit saavat vapaasti tulla esiin omaa persoonallisuuttaan esimerkiksi muotojen, pintojen ja tekstuurien kautta.

Tutkimuksessani myös työskentely-ympäristö on epätavanomainen korujen valmistukseen. Se, kuinka työstän koruja laboratorioissa erilaisilla laboratoriovälineillä viestii itse tutkimuksen olevan tärkeämpi kuin lopulliset valmiit korut. Tämän vuoksi en ole esimerkiksi pyrkinyt luomaan koruistani mahdollisimman kestäviä, puettavia ja toimivia. Käyttämäni materiaalit voivat esimerkiksi liueta veteen tarpeeksi kastuessaan tai hajota liian rankasta, tai herkästäkin kosketuksesta. Nämä asiat eivät ole minulle tärkeitä, niin kuin itse käytetty materiaali ja sen merkitys.



5. Selluloosa

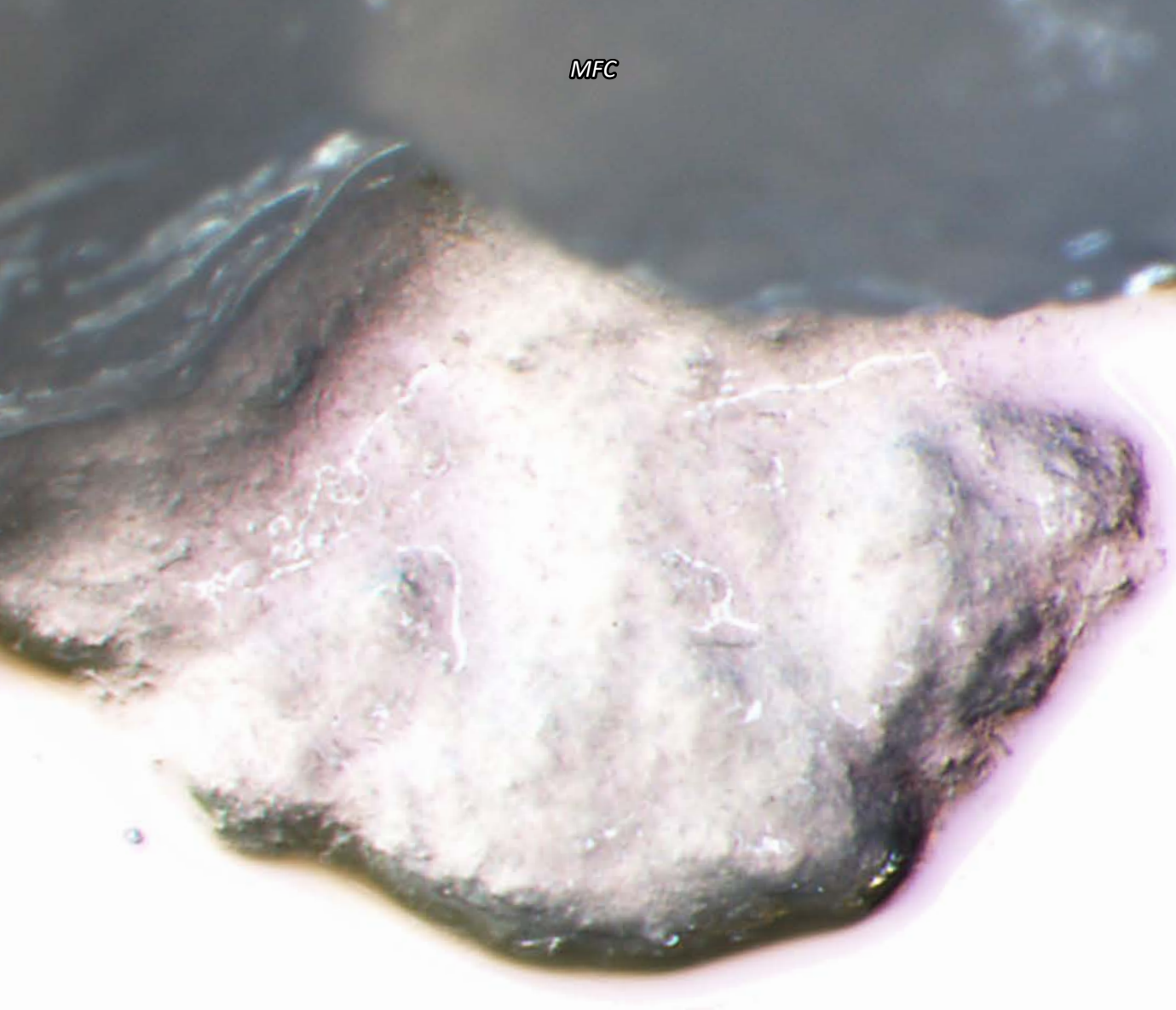
Vaahdotettu uunikuivattu 7,5% CMC

5.1. Selluloosa materiaalina

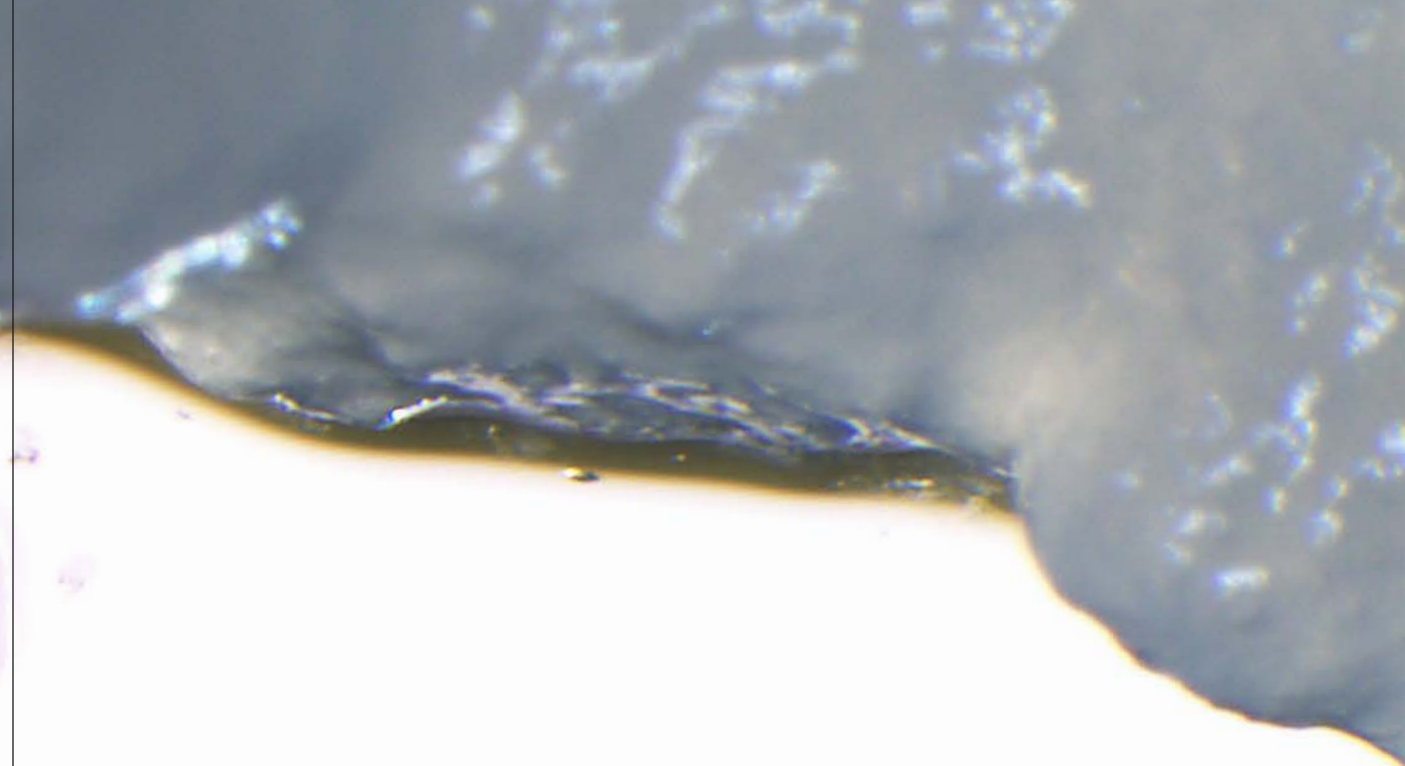
Selluloosa on yksi yleisimmistä ja tärkeimmistä luonnonpolymeereistä. Selluloosaa esiintyy puun lisäksi muissakin kasveissa, joissakin eläimissä sekä erilaisissa jätevirroissa. Selluloosaa voi tuottaa myös bakteerien avulla. Tässä opinnäytetyössäni keskityn puusta valmistettuihin nano- ja mikrokokoisiin selluloosamateriaaleihin, joita kutsutaan monin eri nimin. (Kangas, 2015.) Itse viittaan näihin materiaaleihin selluloosananomateriaaleina.

Puuta on käytetty jo kauan poltto-, rakennus- ja tarveaineena. Myös puusta saatavia kemiallisia tuotteita kuten puuhiiltä, puutuhkaa, tervaa sekä pikeä on opittu käyttämään aikaisessa vaiheessa historiaa. Puutuhkasta eristettyä potaskaa käytettiin jo pari tuhatta vuotta sitten lasin, tekstiilien sekä pesuaineiden valmistuksessa. Puuhiilen avulla on saatu sulatettua rautaa korkeamassa lämpötilassa ja tervaa sekä pikeä käytettiin myös Suomessa laivanrakennuksessa tiivistykseen ja lahonsuoja-aineena. Terva olikin Suomen merkittävin vientiartikkeli 1500-luvulta 1900-luvun alkuun. Nykyään maailmalla, varsinkin Suomessa, puun merkittävin kemiallinen käyttötapana on erilaisten paperimassojen valmistus. (Isotalo, 1996.)

Nykypäivänä metsäteollisuus on tärkeä osa Suomen taloutta ja uusia käyttökohteita erilaisille puuvalmisteille kehitellään jatkuvasti. Metsäteollisuudessa käytetään runsaasti erilaisia laatuluokitteluja sekä -vaatimuksia, niin tehtaalle saapuvassa puutavarassa, kuin itse tuotantoprosesseissa ja -materiaaleissa sekä lopputuotteissa. Myös tuotannossa syntyviä jätevesiä ja -kaasuja seurataan. (Isotalo, 1996.) Metsää hyödynnetään Suomessa kestävästi ja vastuullisesti, ja metsien kasvu ylittää vuotuisen puuston poistuman (Metsäteollisuus, 2018).



Puu koostuu erilaisista soluista, jotka ovat niin muodoiltaan kuin tehtäviltään erilaisia. Ne ovat yhteydessä toisiinsa huokosten avulla, jotka kuljettavat nesteitä ja ravintoa. Samanlaiset solut muodostavat solukkoja, jotka toimivat erilaisissa tehtävissä, kuten rungon tukemisessa, nesteiden johtamisessa sekä ravinnon varastoisissa. Puu tuottaa neulasten sekä lehtien viherhiukkasissa sokeria, eli glukoosia, fotosynteesillä ilman hiilidioksidista, auringon energiasta sekä vedestä. Glukoosi kulkeutuu soluihin, joissa se muuntautuu selluloosaksi, hemiselluloosaksi tai ligniiniksi. Solun runko muodostuu ketjumaisista selluloosamolekyyleistä. Uudet solut syntyvät jakautumalla kasvusoluista ja kasvaessaan niistä tulee kuituja ja muita erilaistuneita soluja. (Isotalo, 1996.)



Puu sisältää 40 – 45 % selluloosaa. Muita puun tärkeimpiä rakennusaineita ovat ligniini (20 – 30 %) sekä hemiselluloosat (20 – 30 %). Ligniini estää veden kulkeutumista soluseinämien lävitse, sekä lisää puun lujuutta. Hemiselluloosat sijoittuvat mikrofibrillien, selluloosasta muodostuneiden säikeiden väliin lisäten puun sitkeyttä. (Isotalo, 1996.)

Selluloosa on uusiutuva biomateriaali, ja sen voi hävittää joko kompostoimalla tai polttamalla. Sillä voi myös korvata tulevaisuudessa kaikki tai ainakin useimmat öljypohjaiset materiaalit, olivat ne sitten läpinäkyviä, kovia tai taipuvia. Suomesta toivotaankin selluloosapohjaisten tuotteiden edelläkävijää. Korvaamalla öljypohjaiset tuotteet uusiutuvilla materiaaleilla pienennetään hiilijalanjälkeä ja torjutaan ilmastonmuutosta. Huolta herättävät myös luontoon päätyvät muovijätteet ja mikromuovit. Selluloosasta voidaan innovoida myös täysin uudenlaisia materiaaleja uusiin ja vanhoihin tuotteisiin. (Koskenlaakso, 2017.)

Koen selluloosan tärkeänä valttina Suomen sekä koko maailman tulevaisuudelle, sillä erilaiset selluloosavalmisteet voivat auttaa ilmastonmuutoksen torjumisessa korvaamalla laajalti käytetyt muovin ja öljyn. Suomessa on käynnissä erilaisia selluloosatutkimuksia ja haluan olla osana tämän innovatiivisen materiaalin tutkimusta. Olen kiinnostunut erilaisten materiaalien tutkimisesta ja koen, että muotoilijoiden olisi tärkeää keskittyä siihen, mistä heidän suunnittelemansa tuotteet valmistetaan. Muotoilijoilla on mahdollisuus, jopa vastuu päättää tulevaisuudessa käytetyistä materiaaleista.

5.2. Selluloosananomateriaalit ja CMC

Selluloosananomateriaalit ovat yksinkertaisesti hyvin pienikokoista, leveydeltään nanometrien luokkaa olevaa selluloosakuitua. Yksittäiset nanokuidut voivat myös liittyä yhteen muodostaen ulkoisesti mikrometriluokan kokoisia kimppuja. Selluloosananomateriaalien ominaisuudet ovat samanlaisia kuin lähtömateriaalilla selluloosalla, eli hydrofiilisiä, kemiallisesti helposti muokattavia ja ne muodostavat monipuolisia kuiturakenteita. Ne ovat kuitenkin pienen kokonsa ansiosta myös reaktiivisia ja omaavat hyvän sitoutumiskyvyn. Selluloosananomateriaaleista voidaan kehittää uusia materiaaleja niin uusiin kuin vanhoihin tuotteisiin.

Selluloosananomateriaalien valmistukseen sopivat selluloosakuitua sisältävät raaka-aineet, mutta puu on eniten käytetty, sillä sitä on helposti saatavilla. Sen käyttöä kuitenkin rajoittaa kuitujen eristämisen vaikeus ja monivaiheisuus. Selluloosananomateriaalien valmistamiseen on käytetty lukuisia mekaanisia, kemiallisia ja entsymaattisia menetelmiä tai näiden yhdistelmiä. (Kangas, 2015.)

Ensimmäiset patentit nanokokaisen selluloosan valmistuksesta julkaistiin jo 1980-luvun alussa, mutta valmistuskustannusten vuoksi se ei pärjännyt markkinoilla. Kiinnostus nanokokaiseen selluloosaan on kasvanut viime vuosien myötä merkittävästi sen valmistusmenetelmien kehittymisen myötä, mutta myös siksi, että se soveltuu vallalla olevaan kestävän kehityksen trendiin. (Kangas, 2015.)

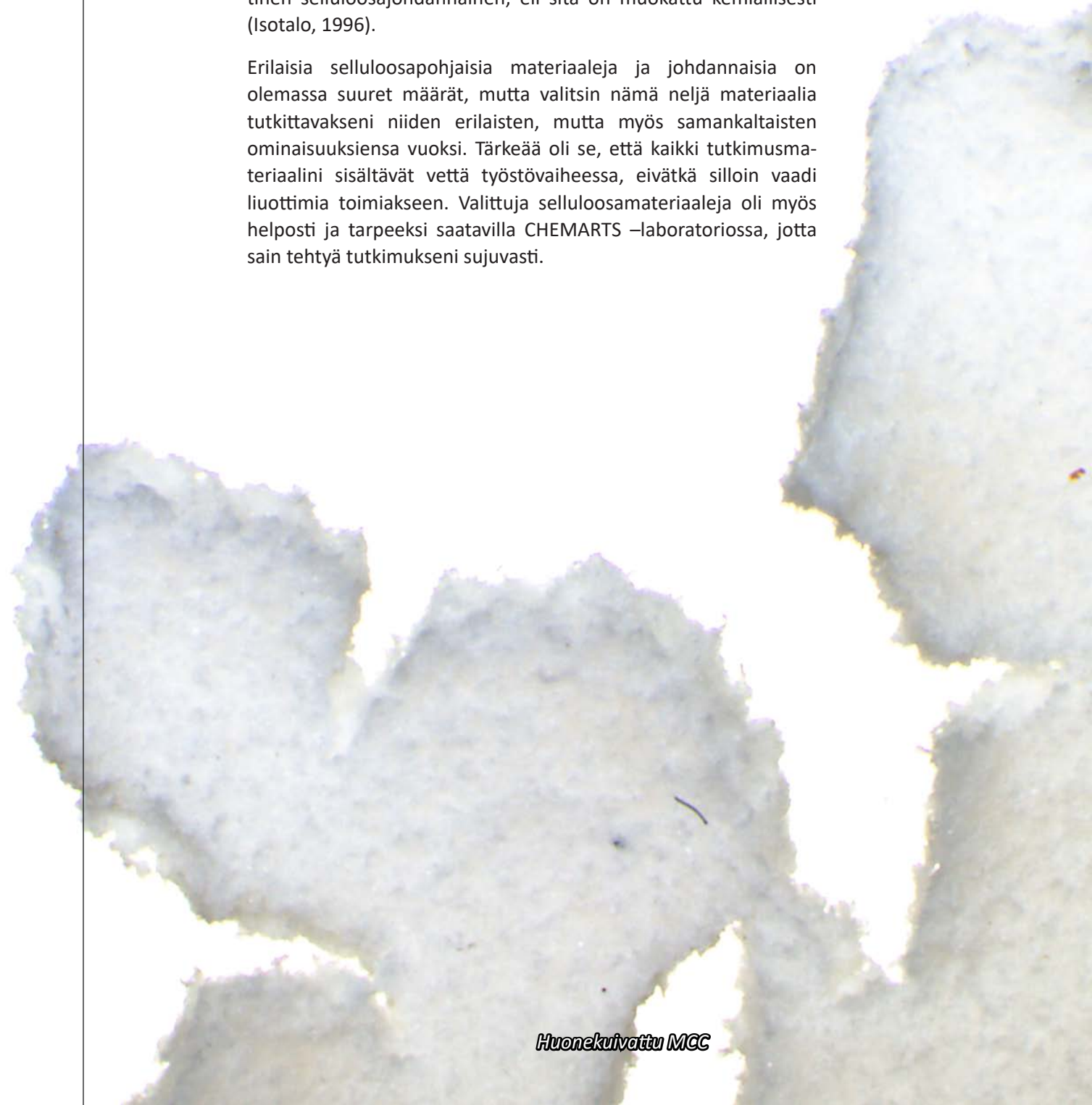
Selluloosananomateriaalit jaetaan usein kolmeen pääluokkaan niiden valmistusmenetelmien, koon, ja ominaisuuksiensa perusteella; selluloosananofibrillit (cellulose nanofibrils, CNF), selluloosananokiteet (cellulose nanocrystals, CNC) ja bakteeriselluloosa (bacterial cellulose, BC). (Kangas, 2015.) Näistä pääluokista olen tutustunut kahteen ensimmäiseen. Viimeisen ryhmän, bakteeriselluloosan, jätin tutkimuksen ulkopuolelle, sillä sen tuotanto- ja tutkimusmenetelmät eroavat suuresti valituista ja olisi laajentanut opinnäytteeni tutkimusosiota liikaa.

Tutkin kahta selluloosananofibrillityyppiä, jotka on tuotettu eri tavoin. Nanofibrillaarinen selluloosa eli NFC tuotetaan kemiallisesti, kun taas mikrofibrillaarinen selluloosa (MFC) mekaanisesti. Nämä fibrillaariset selluloosat ovat leveydeltään nano- ja mikrometrien luokkaa ja koostavat rihmaisen kokonaisuuden. (Vuorinen, 2018.)

Mikrokiteinen selluloosa eli MCC taas muodostuu erillisistä sauvamaisista partikkeleista (Vuorinen, 2018).

Neljäs tutkimusmateriaalini on karboksimeetyliselluloosa eli CMC, joka oikeastaan eroaa nanoselluloosaryhmästä, johon muut tutkimi materiaalit kuuluvat (Vuorinen, 2018). CMC on puolisynteettinen selluloosajohdannainen, eli sitä on muokattu kemiallisesti (Isotalo, 1996).

Erilaisia selluloosapohjaisia materiaaleja ja johdannaisia on olemassa suuret määrät, mutta valitsin nämä neljä materiaalia tutkittavakseni niiden erilaisten, mutta myös samankaltaisten ominaisuuksiensa vuoksi. Tärkeää oli se, että kaikki tutkimusmateriaalini sisältävät vettä työstövaiheessa, eivätkä silloin vaadi liuottimia toimiakseen. Valittuja selluloosamateriaaleja oli myös helposti ja tarpeeksi saatavilla CHEMARTS –laboratoriossa, jotta sain tehtyä tutkimukseni sujuvasti.



Huonekuivattu MCC

5.3. Valitut selluloosamateriaalit

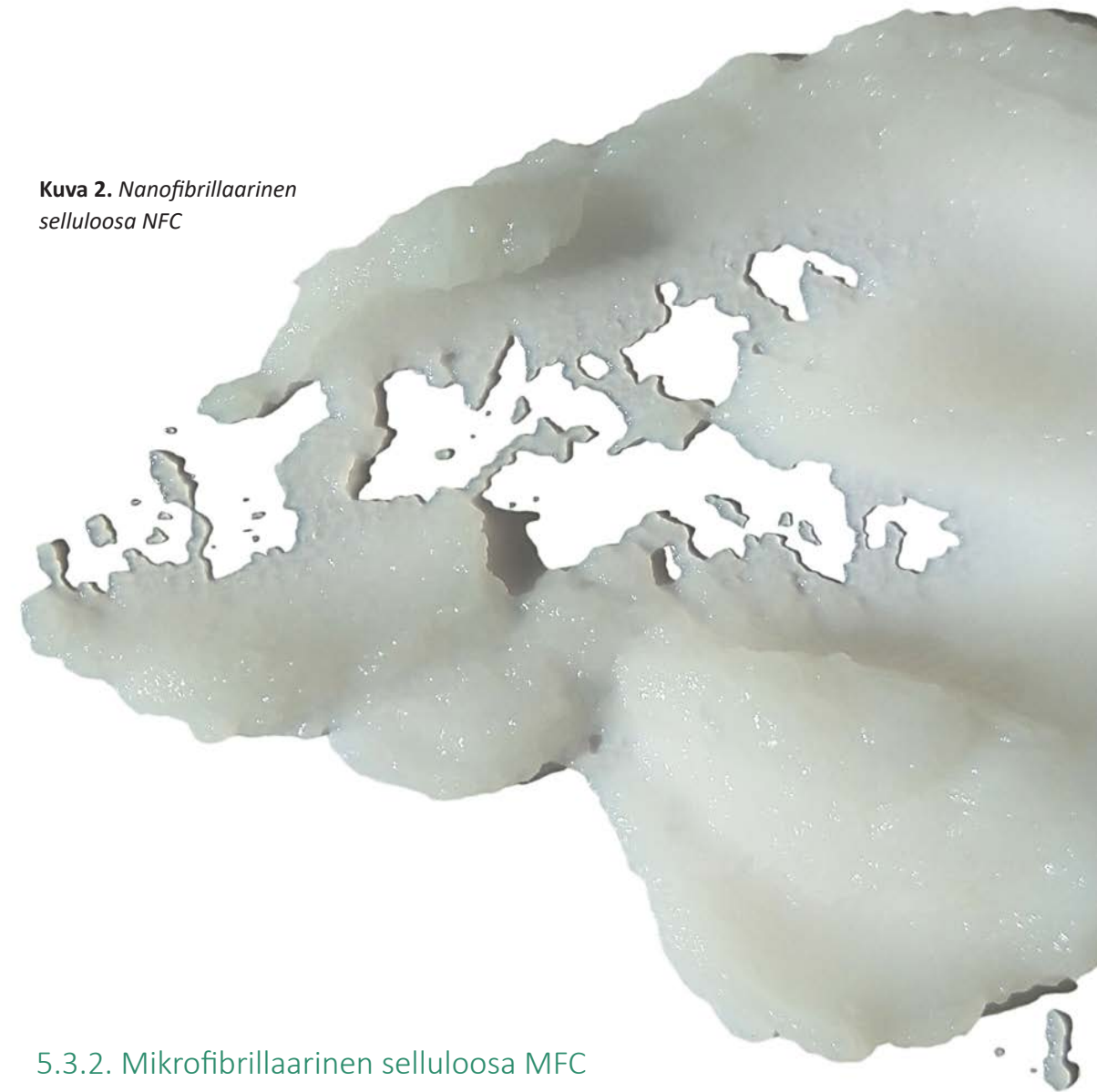
5.3.1. Nanofibrillaarinen selluloosa NFC

Selluloosananofibrillien valmistus mekaanisesti kuluttaa paljon energiaa ja lisää kustannuksia, joten mekaaniseen kuidutukseen voidaan yhdistää kemiallisia tai entsymaattisia esikäsittelyjä. Näin valmistettujen selluloosananofibrillien ominaisuudet eroavat mekaanisesti jauhetuista muun muassa fibrillien koossa. Tutkimani nanofibrillaarinen selluloosa (nanofibrillar cellulose, NFC) (kuva 1) on TEMPO -avusteisesti hapetettua, mikä estää voimakkaiden vetysidosten muodostumista fibrillien välille vähentäen niiden tartuntavoimaa toisiinsa. Hapetuksen jälkeen kuidut on helppo hajottaa mekaanisesti, ja saadaan luotua yksittäisistä nanokuiduista koostuvaa materiaalia. TEMPO-hapetetun nanofibrillaarisen selluloosan kuidut ovat leveydeltään 3 – 5 nanometrin kokoluokkaa. (Kangas, 2015.)

Ulkonäöllisesti tutkimani NFC on läpikuultavaa ja hieman rusehtavaa viskootista geeliä. Käsiteltäessä ja ravistellessa sen viskositeetti kuitenkin vähenee huomattavasti.

Kuva 1. Nanofibrillaarinen selluloosa NFC

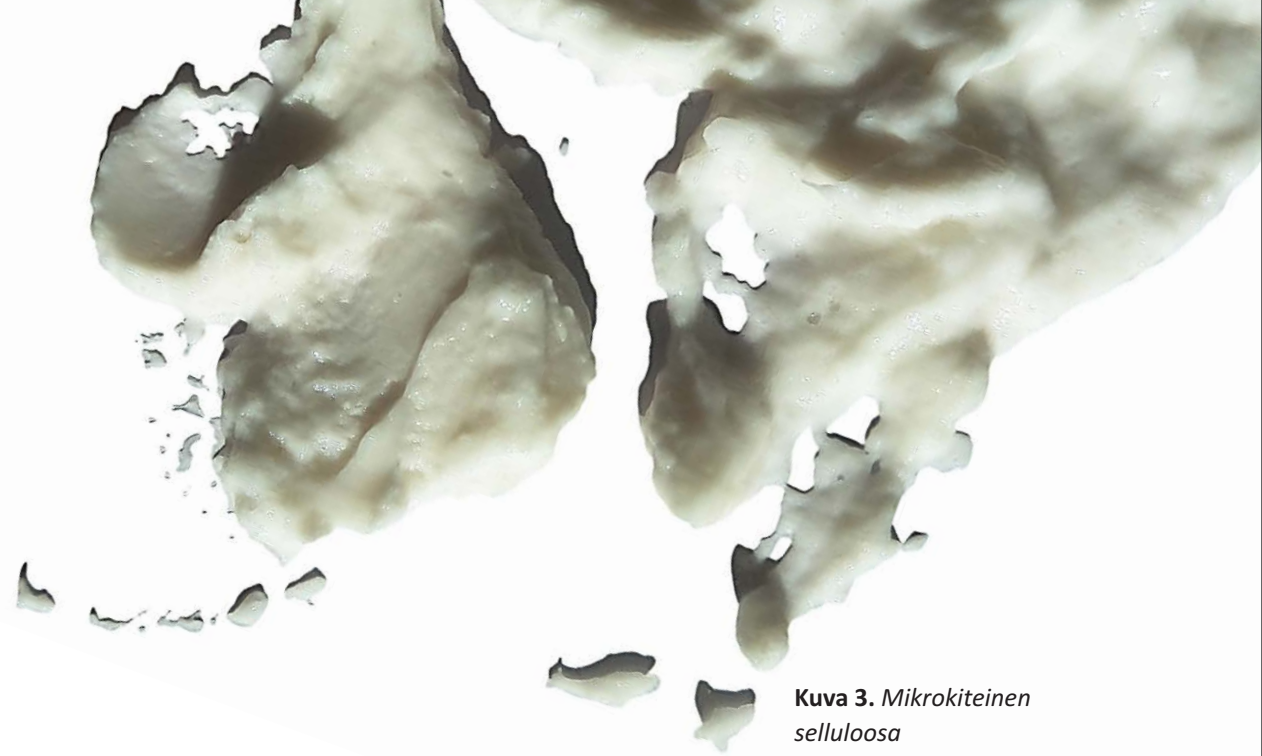
Kuva 2. Nanofibrillaarinen selluloosa NFC



5.3.2. Mikrofibrillaarinen selluloosa MFC

Käyttämäni mikrofibrillaarinen selluloosa (microfibrillar cellulose, MFC) (kuva 2) on jauhettu mekaanisesti käyttäen Masuko -jauhinta, joka hajottaa sellukuidut veden avulla hienoksi kahden suuren kivilevyn välissä. Selluloosafibrillit jauhautuvat mikrometrikokoisiksi, kun käyttämäni NFC on jauhettu nanometrikokoiseksi. MFC:n fibrillit ovat siis suuremmat kuin nanofibrillaarisessa selluloosassa. Masuko -jauhimella voi kuitenkin valmistaa myös nanokokoisia selluloosafibrillejä. Selluloosananofibrillien valmistukseen mekaanisesti on paljon eri tapoja ja välineitä, joista Masuko-jauhimella saavutetaan yksi parhaista lopputuloksista. (Kangas, 2015.)

Ulkonäöltään MFC on valkoista ja hieman läpikuultavaa pienirakeista massaa. Se on tarttumaton ja hyvin vähäviskoosista.

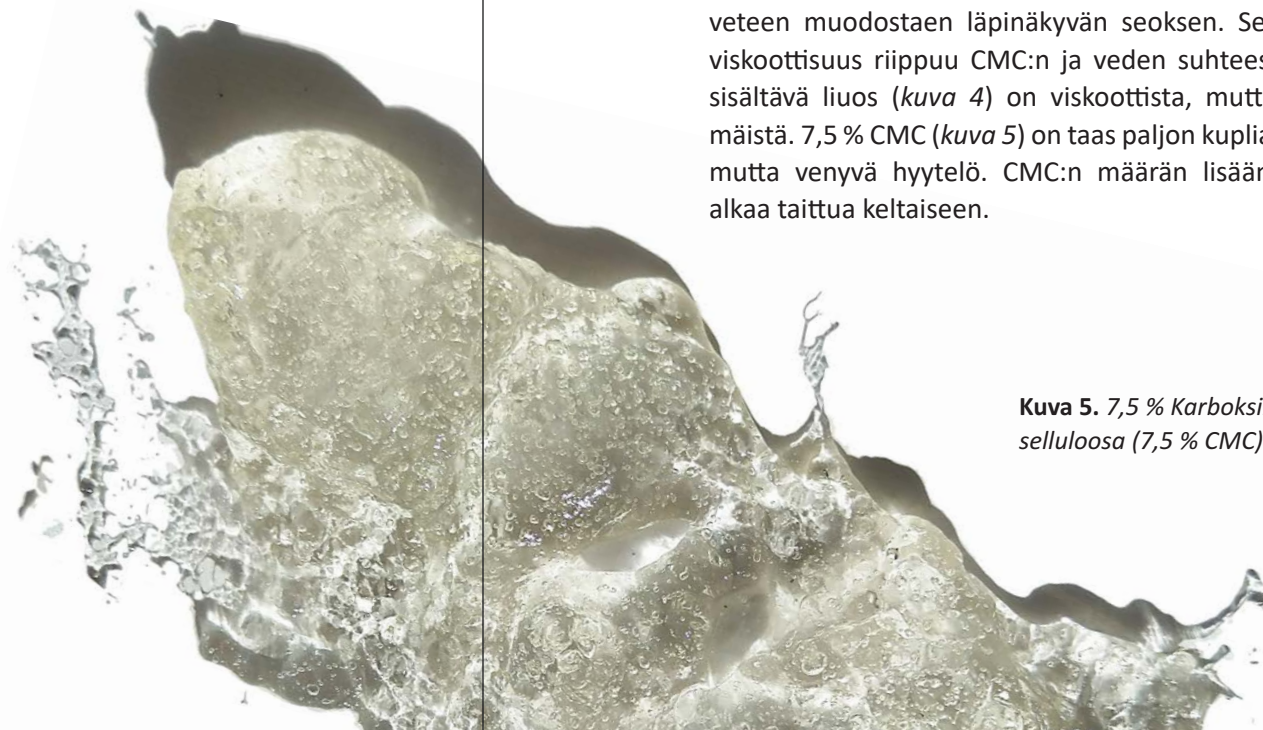


Kuva 3. Mikrokiteinen selluloosa

5.3.3. Mikrokiteinen selluloosa MCC

Mikrokiteinen selluloosa (microcrystalline cellulose, MCC) (kuva 3) on muodoltaan sauvamainen selluloosakide. Mikrokiteinen selluloosa valmistetaan käyttäen suhteellisen vahvoja happoja, kuten rikkihappoa. Happo aiheuttaa mikrofibrillien katkeilua. Tämän jälkeen se hajotetaan mekaanisella käsittelyllä, jolloin syntyy sauvamaisia selluloosananokiteitä (CNC, cellulose nanocrystals). Kun selluloosananokiteet kuivataan, ne muodostavat voimakkaiden sidosten johdosta mikrokiteistä selluloosaa, eli MCC:tä. Aggregoitunut eli suuremmiksi fibrillikasaumiksi muodostunut mikrokiteinen selluloosa ei ole varsinaisesti nanoselluloosaa, vaikka se koostuu nanokiteistä. MCC:tä käytetään esimerkiksi sideaineena elintarvike- ja lääketeollisuudessa. (Kangas, 2015.) Käyttämäni MCC on Aalto-yliopistossa vielä kertaalleen jauhettu mekaanisesti Masuko-jauhimella.

MCC on käyttämästäni materiaaleista valkoisin. Se on hieman laastimaista ja tarttumaton.



5.3.4. Karboksimeetyliselluloosa CMC

Karboksimeetyliselluloosa (carboxymethyl cellulose) eli lyhennettynä CMC on muodollisesti selluloosan ja glykoliapon eetteri. CMC tuotetaan reaktoreissa erilaisten kemikaalien ja lämmön avulla. Selluloosamolekyylin hydroksyyli-ryhmistä osa on korvautunut karboksimeetyli-ryhmillä. CMC liukenee veteen. (Isotalo, 1996.)

CMC:tä on valmistettu vuodesta 1944 ja sitä käytetään esimerkiksi monissa elintarvikkeissa sen hyvien ominaisuuksien vuoksi. Esimerkiksi jäätelössä CMC estää jääkideiden syntymistä. Elintarvike-, lääke- sekä pesuaineteollisuuden lisäksi CMC:tä käytetään myös esimerkiksi paperi-, tekstiili-, rakennus-, keramiikka- ja kaivosteollisuudessa. (Isotalo, 1996.)

CMC –laadut poikkeavat toisistaan substituutioasteen, polymeeraatioasteen ja puhtauden suhteen. Myös CHEMARTS –laboratoriossa oli tarjolla useita polymeeraatioasteeltaan toisistaan poikkeavia CMC –laatuja. Valitsin matalaviskoottisen (alhainen polymeeraatioaste) CMC:n. Verrattuna korkeaviskoottiseen laatuun matalaviskoottista CMC:tä on sekoitettava veteen enemmän tietyn viskoottisuuden (paksuuden) saavuttamiseksi, mutta ajattelin suuremman massapitoisuuden helpottavan työskentelyäni.

Ulkonäöltään CMC on hienoa valkoista jauhetta, joka liukenee veteen muodostaen läpinäkyvän seoksen. Seoksen paksuus ja viskoottisuus riippuu CMC:n ja veden suhteesta. 2,5 % CMC:tä sisältävä liuos (kuva 4) on viskoottista, mutta edelleen neste-mäistä. 7,5 % CMC (kuva 5) on taas paljon kuplia sisältävä jähmeä, mutta venyvä hyytelö. CMC:n määrän lisääntyessä materiaali alkaa taittua keltaiseen.



Kuva 4. 2,5 % Karboksimeetyliselluloosa (2,5 % CMC)

Kuva 5. 7,5 % Karboksimeetyliselluloosa (7,5 % CMC)



6. Materiaalikokeet

Vaahdotettu uunikuivattu 2,5 % CMC

6.1. Materiaalirajaus

Aloitin materiaalitutkimukseni tutustumalla käsillä oleviin erilaisiin selluloosapohjaisiin materiaaleihin. Tein muutamia pieniä kokeiluja, joita en tule tässä opinnäytteessä esittelemään. Tutustumisen jälkeen päätin jatkaa tutkimusta neljällä erilaisella selluloosapolymeerillä, jotka ovat nanofibrillaarinen selluloosa (NFC), mikrofibrillaarinen selluloosa (MFC), mikrokiteinen selluloosa (MCC) ja karboksimeetyliselluloosa CMC. Tutkimuksessa käytin CMC:tä kahtena erivahvuisena veteen sekoitettuna liuoksena; 2,5 % ja 7,5 %, sillä näiden ominaisuudet vaihtelivat ensimmäisissä kokeissa paljon. Tein valitsemillani materiaaleilla yhteensä kymmenen koetta tutustuakseni niihin paremmin.

Tästä eteenpäin materiaalit on ilmaistu vain lyhenteillä; NFC, MFC, MCC, CMC 2,5 % ja CMC 7,5 %. Materiaalien esittelyt löytyvät kappaleesta 5.3. *Valitut selluloosamateriaalit.*

6.2. Kosteuspitoisuus

Aikaisemmissa kokeiluissani olen huomannut että massan kosteuspitoisuudella on suuri merkitys lopulliseen koepalaan ja sen tiivyyteen. Tämä onkin pääsyy miksi viime kesänä lähdin tutkimaan erilaisia tärkkelyksiä korvaamaan haihtunutta nestettä komposiiteissa. Korumateriaalitutkimuksissani lopulliseksi jatkokehittelymateriaaliksi päätyivät perunajauhot, sillä ne toimivat hyvin komposiitissa selluloosa-asetaatin kanssa ja yhdistelmä tuotti sileän, mattamaisen ja tiiviin puhtaan valkoisen massan.

Selluloosapolymeerit joita lähdin tässä opinnäytetyössä testaamaan sisältävät kaikki vettä vaihtelevissa määrin. Tarkkaa vesipitoisuutta ei näistä materiaaleista löydy muuta kuin arvioimalla ja vertaamalla aikaisempiin tietoihin. CMC-materiaali on ainoa, josta tiedän kosteuspitoisuuden, sillä sekoitin itse CMC-jauheen veteen.

Tutkin NFC:n, MFC:n sekä MCC:n nestepitoisuuden kuivaamalla noin 10g massaa 105°C uunissa yön yli, jotta kaikki kosteus saatiin haihdutettua. Tämän jälkeen punnitsin näytteet uudelleen ja laskin koestamieni materiaalien kosteuspitoisuudet (taulukko 1).

Taulukko 1. Selluloosamateriaalien kosteuspitoisuus

Selluloosamateriaali	Kosteuspitoisuus
NFC	97,2 %
MFC	96,4 %
MCC	85,3 %
CMC 2,5 %	97,5 %
CMC 7,5 %	92,5 %

Tiesin tutkimieni sellulosamateriaalien kosteuspitoisuudet suurin piirtein, ja osasin jo sanoa, että NFC sisältää eniten kosteutta (97,2 %). MFC:n kosteuspitoisuudesta minulla ei ollut niin tarkkaa tietoa, mutta tiesin että se on vähemmän kuin NFC:llä. Lopulta ero NFC:n (97,2 %) ja MFC:n (96,4 %) välillä ei ollut kuin 0,75 prosenttiyksikköä. Oletin eron olevan suurempi. Myös MCC sisälsi enemmän kosteutta (85,3 %) kuin aikaisemmin olin arvioinut.

CMC:tä koepaloissani on 2,5 tai 7,5 %, jolloin nestepitoisuus seoksissa on 97,5 tai 92,5 %. Näin ollen kaikki käyttämäni selluloosapohjaiset materiaalit sisältävät vähintään 85 % vettä. Minun tulee siis keskittyä koepalojen kuivausprosessiin ja siihen, kuinka se tulee vaikuttamaan lopullisiin näytteisiin. Kuivaus tulee ottaa huomioon valmiita koruja tuottaessa tärkeänä osana valmistusprosessia.

6.3. Selluloosamateriaalien kuivatus

6.3.1. Kuivaus huoneenlämmössä

Joitain käyttämistäni materiaaleista käytetään filmien, eli ohuiden kalvojen tuottamiseen. Tein testin, jossa laitoin jokaisesta materiaalista 10ml ja 30ml näytteet 82mm halkaisijaltaan oleviin muovisiin muotteihin, jotka kuivasin huoneenlämmössä (kuva 6).

Tein koepaloja kahdella määrällä, jotta näkisin kalvon paksuuden merkityksen materiaalien ominaisuuksiin. Kuivasin koepalat huoneenlämmössä avoimella ja varjoisalla paikalla. Tein kokeen kotiolosuhteissa, jotta pystyin seuraamaan materiaalien kuivumisprosessia ja niiden käyttäytymistä kuivuessaan.

Tein havainnoimisen 8 tuntia koepalojen kuivumaan jättämisen jälkeen ja taas uudelleen pääosin 10 tunnin välein. Kokonaisuudessaan tein 10 havaintokertaa 100 tunnin aikana, kunnes kaikki koepalat olivat kuivuneet. Koepalojen kuivuuden määrittelin silmä- ja tuntomääräisesti kun koepala ei ollut enää tarttunut muottiin ja se tuntui kuivalta.

Näytteen kuivumisaikaan vaikuttivat niin materiaalin massan määrä kuin itse materiaalin ominaisuudetkin. Lopulliset kuivuneet koepalat erosivat hyvin toisistaan.

NFC kuivui kokonaisuksi levyiksi, mutta selluloosan määrän lisääntyminen kutisti koepalojen halkaisijaa. 10ml NFC koepala on hieman läpinäkyvä, valoa helposti läpi päästävä ja jonkin verran poimuttunut. NFC:n määrän lisääntyessä valonläpäisykyky heikkeni huomattavasti ja kaareutuminen muuttuu suuremmiksi yhtenäisiksi kaariksi. Koepalojen kestävyys kuitenkin lisääntyi, mutta joustavuus vähenee. Koepaloja pystyy hieman taivuttelemaan mutta liika rasitus tuottaa halkeamia.

MFC:n 10ml koepalan halkaisija kutistui jonkin verran, ja ulkoreunat nousivat ylös kaareutuen sisäänpäin. Koepala on väriltään valkoinen ja valoa läpipäästävä. 30 ml MFC koepala on huomattavasti paksumpi ja halkaisijaltaan pienempi sekä kaareutunut.

MCC on selluloosamateriaaleista ainoa, joka kuivuessaan hajosi osiin. Se alkoi kuivuessaan halkeilla ja lohjenneet palat kutistuivat etääntyen toisistaan. 10ml MCC koepalaan jäi keskelle yksi suurempi pala, jossa on halkeamia mutta osat eivät irtoa toisistaan. Nämä palat ovat kuitenkin heikkoja ja helposti rikkoutuvia. 30ml MCC halkeili reilummin ja paksummiksi osiksi. Nämä osat ovat yllättävän vahvoja.

2,5 % CMC 10ml kalvo kuivui ainoana näytteenä lähes tasaiseksi. Siitä näkee myös hyvin läpi. Näytettä pystyy hyvin taivutella eikä se repeä helposti. Myös 30ml näyte oli läpinäkyvää ja taivuteltavaa, mutta paksumpaa. Se on myös hieman kaareutunut. Koepalojen pintapuoli on kiiltävää, mutta pohjapuoli samea, joka voi johtua muotista ja sen pinnan tasaisuudesta. Tasaisempi muotti voisi tuottaa läpinäkyviä kalvoja. Kummassakaan kalvossa ei ollut kuin muutama pieni ilmakupla.

7,5 % 10ml CMC on taipunut epämääräisesti. Koepala on kuitenkin vielä joustava. 30ml näyte taas on hyvinkin kaarella, osittain jopa kaksin kerroin. Koepala on kova, mutta antaa taivuttaessa periksi. Siinä on runsaasti ilmakuplia jotka ovat venyneet kuivumisen ja vääntyilyn aikana.

Koepalojen kuivumisaika vaihteli 30 tunnin ja 110 tunnin välillä. Nopeinten kuivuivat halkeillut 10ml MCC sekä 10ml MFC. MCC:n kuivumisnopeus ei yllättänyt, sillä se sisälsi vähiten kosteutta ja kuivuessaan halkeili pienempiin osiin.

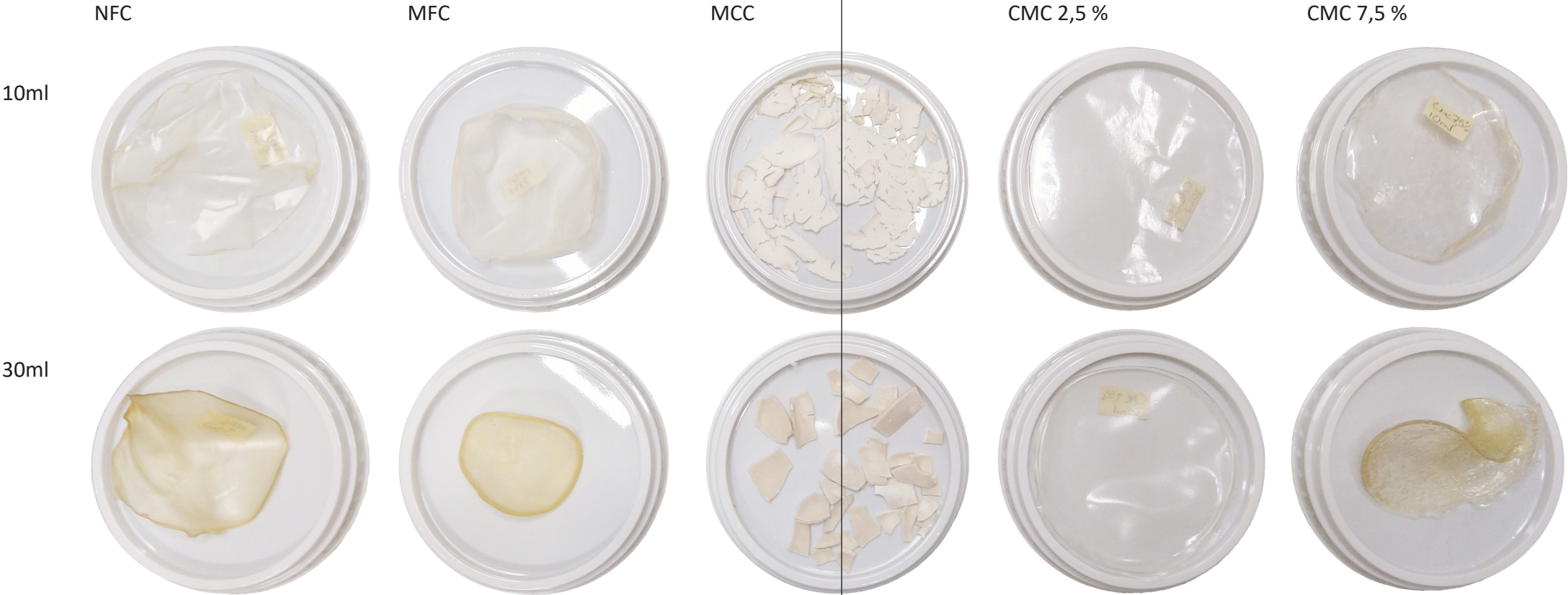
MFC kuivui yllättävän nopeasti verrattuna esimerkiksi 7,5 % CMC:hen, joka sisälsi vähemmän vettä. Nopeinten kokonaisuudessaan kuivuivat MCC näytteet, sitten kaikki CMC näytteet. MFC näytteet kuivuivat toiseksi hitainten ennen NFC näytteitä. Koepaloista hitainten kuivui eniten nestettä sisältävä 30ml NFC.

Tämä tutkimus antoi paljon tietoa eri materiaaleista ja niiden kuivumiskäyttäytymisestä, sekä ominaisuuksista kuten joustavuudesta ja vahvuudesta.

Taulukko 2. Huonekuivattujen näytteiden kuivumisaajat

Selluloosa	NFC		MFC		MCC		CMC 2,5 %		CMC 7,5 %	
Näytteen määrä	10ml	30ml	10ml	30ml	10ml	30ml	10ml	30ml	10ml	30ml
Näytteen kuivumisaika	40h	100h	30h	90h	30h	70h	40h	90h	40h	80h

Kuva 6. Huoneenlämmössä kuivuneet koepalat

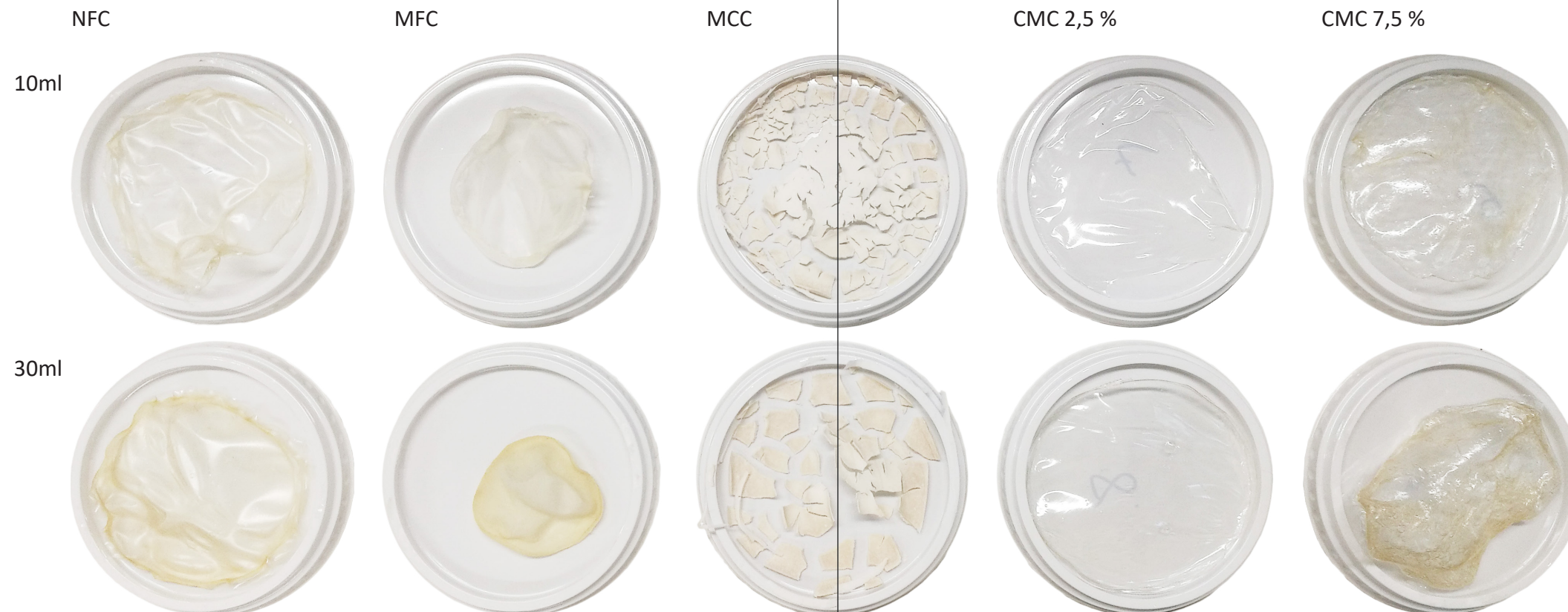


6.3.2. Kuivaus uunissa

Tein samanlaisen kokeen kuin selluloosan kuivatus huoneenlämmössä, mutta kuivasin koepalat 50°C uunissa. Kuivattamisprosessin muutos ei tehnyt materiaaleihin suuria muutoksia. Koepalat kuivuvat uunissa yön yli kuiviksi, eivätkä ne esimerkiksi vaihtaneet väriä.

Ainoa huomattava ero pöydällä kuivuneisiin oli materiaalien hieman suurempi kaareutuminen. Koepalat olivat hieman ryppyisempiä nopeamman kuivumisen johdosta. Koen kuitenkin uunikuivatuksen paremmaksi vaihtoehdoksi kuin pöydällä kuivattamisen, sillä materiaalit eivät muutu paljoa ja kuivattamisprosessi on huomattavasti nopeampi.

Kuva 7. 50°C uunissa kuivuneet koepalat



6.3.3. Kuivaus lämpöpuristimessa

Monet selluloosamateriaaleista käpristyvät kuivuessaan, joten tein testin, jossa kuivasin ne lämpöpuristimessa. Ensimmäiset koepalat kuivuivat aaltoileviksi, joten kehitin kuivausprosessia. Asetin materiaalit vettä läpi päästävän tiheän kankaan väliin, jotta materiaali ei tarttuisi kartonkeihin, jotka auttavat imemään vettä koepaloista. Prässäsin koepalat asteittain erilaisten stopparien avulla. Aloitin noin 2cm paksuisesta stopparista, jonka asetin lämpöpuristimen levyjen väliin estäen selluloosamassaa puristumasta liikaa. Vaihdoin stopparin korkeutta asteittain pienemmäksi muutamien minuuttien välein. Viimeisen stopparin korkeus oli 1,5mm, enkä halunnut tehdä materiaaleista ohuempia. Lämpöpuristimen levyjen lämpötila kuivatuksessa oli 70°C.

Kuivatut koepalat ovat ohuita ja tasaisen levymäisiä. Koepalojen pinnalla näkyy hieman kankaan jättämä kuvio.

NFC koepala on väriltään ja valonläpäisyltään sama kuin huonekuivattu 10ml koepala, vaikka olikin paljon ohuempi. Kalvo on helposti taiteltava ja se kestää vetämistä, mutta puolittuu helposti repimällä.

MFC koepala on valkea ja jäykähkö, mutta taipuu kuitenkin helposti. Myös se kestää tosi hyvin vetämistä. Sen saa hyvin revittyä reunasta, vaikkei kuitenkaan yhtä helposti kuin NFC:n.

MCC koepala rikkoontui kuivuessaan pieniin valkoisiin kappaleisiin kuten aikaisemmissakin kuivauksissa.

CMC 2,5 % lämpöpuristinkoe ei onnistunut, sillä se oli liian nestemäistä ja pääsi kankaan läpi jättäen siihen vain kiiltävän tahrn.

CMC 7,5 % koepala on epätyypillisesti valkea, mutta kuitenkin läpikuultava. Se kestää joten kuten venyttämistä mutta repeää helposti.

Kuva 8. Lämpöpuristimessa 120°C kuivuneet koepalat

NFC



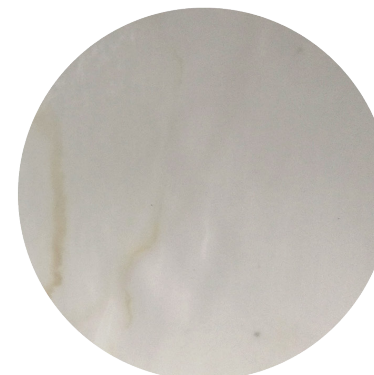
MFC



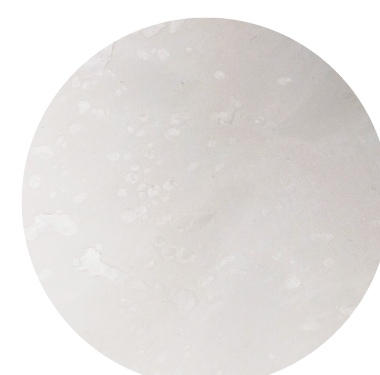
MCC



CMC 2,5 %



CMC 7,5 %



6.3.4. Kuivaus tyhjiöuunissa

Tässä kokeessa kuivatun 30ml näytteitä 50°C tyhjiöuunissa yön yli. Halusin tietää, vaikuttaako tämä kuivumisprosessiin ja voisivatko selluloosamateriaalit kuivua näin tasaisemmiksi, ja jos ei, niin millä tavoin tyhjiöuuni niihin vaikuttaa.

Tyhjiöuunin käynnistyttyä alkoi nopeasti ilmetä, että se vaikuttaa selluloosamateriaaleihin poistamalla niistä ilmakuplia. Tämä näkyi materiaalien ”kiehumisena”, ja varsinkin CMC -materiaalit kuplivat runsaasti. Tyhjiöuunissa kuivuneissa koepaloissa oli teräviä reunoja ja ulokkeita, sekä kuoppia.

Tyhjiökuivattu NFC on yhtenäinen, mutta repaleinen ja reikäinen. Se on myös paljon kaareutuneempi kuin huonekuivattu NFC. Samanlainen ilmiö toistuu myös MFC:ssä. MCC koepala on halkeillut palasiksi niin kuin huonekuivattukin, mutta palaset ovat hyvin sahalaitaisia ja näytteestä on irronnut myös hyvin pieniä palasia.

2,5 % CMC:ssä on mielenkiintoista se, että siinä on reilusti vähemmän ilmakuplia kuin huonekuivatussa versiossa. Molempien kaareutuma on samanlaista. 7,5 % CMC taas on hyvin riekaleinen ja täynnä suuria ilmakuplia, sekä suurempia reikiä. Se ei kuitenkaan ole kaareutunut niin kuin huonekuivattu.

Kokonaisuudessaan tämä testi oli hyvin mielenkiintoinen ja yllättävä. Tyhjiöuunin vaikutusta selluloosamateriaaleihin voisi käyttää luomaan mielenkiintoista pintaa korunvalmistuksessa. Varsinkin CMC 7,5 % koepala herätti kiinnostukseni.

Kuva 9. Tyhjiöuunissa F kuivuneet 30ml koepalat

NFC



MFC



MCC



CMC 2,5 %



CMC 7,5 %



6.4. Muoto ja kutistuma

Tein kokeen jossa tutkin selluloosamateriaalien kutistumaa kolmiulotteisessa muodossa. Käytin kokeessa silikonista helmimuottia, joka tuottaa 15mm halkaisijaltaan olevia palloja. Kuivatin koepalat 50°C uunissa yön yli.

Kaikki muut materiaalit kuivuivat kasaan pieniksi palloiksi muotin pohjalle, paitsi 2,5 % CMC. Se tarttui kuivumisen aikana silikonimuotin seinämiin ja kuivui sitä vasten muodostaen ohuen ja onton pallon. 2,5 % CMC koepaloissa on selkeästi täyttöreikä, sekä jonkin verran ilmakuplia ja reikiä. Kuitenkin se on pitänyt hyvin itse muotin muodon. Verrattuna 7,5 % CMC:hen se käyttäytyi hyvin eri tavalla. 7,5 % CMC ei tarttunut seinämiin vaan kutistui epäsymmetrisesti. Kutistuma on mielenkiintoinen, sillä näyttää siltä, että täyttöaukko on pysynyt tasaisena ja muu materiaali on kutistunut sitä vasten. 7,5 % CMC näytteissä on myös runsaasti ilmakuplia.

NFC kuivui tummiksi ja epämääräisen muotoisiksi, ulokkeita sisältäviksi paloiksi. MFC kuivui enemmän alkuperäisen muotin muotoja mukaillen. Ne eivät kuitenkaan ole täysin pyöreitä. MCC sisältää selluloosamassoista vähiten nestettä, ja kuivuneet koepalat ovat paljon suurempia kuin muut koepalat, lukuun ottamatta 2,5 % CMC:tä, joka kuivui ontoiksi palloiksi. MCC:n koepalat kuivuivat muotin muotoa mukaillen, täyttöreikä kraatterina näkyen. Koepalojen pinnat eivät ole täysin sileitä, vaan ryppyisiä ja uraisia.

Tämä koesarja antaa ennakkotietoa siitä, kuinka massat käyttäytyvät muotissa ja kuinka ne kuivuvat. Mielenkiintoisin tutkimustulos oli 2,5 % CMC, jonka muotin pintaan kuivumisominaisuutta voi käyttää hyödyksi korunvalmistuksessa. Kiinnostavaa kokeessa oli huomata CMC:n vesipitoisuuden suuri vaikutus sen käyttäytymiseen.

Kuva 10. Helmimuotissa 50°C uunissa kuivuneet koepalat

NFC



MFC



MCC



CMC 2,5 %



CMC 7,5 %



6.5. Selluloosat sidos- ja täyteaineina

Tässä kokeessa sekoitin selluloosamateriaaleihin eri määrät sahanpurua sekä perunajauhoa (kuva 11). Testin tarkoituksena oli tutkia selluloosamateriaalien sidos- eli liima-aineominaisuuksia, sekä sitä, millä tavoin ne voisivat toimia täyteaineina. Tein jokaisella materiaalilla neljä koepalaa, kaksi sahanpurulla ja kaksi perunajauhoilla. Asetin kaikki koepalat pieniin alumiinisiin koekuppeihin ja sijoitin ne 50°C uuniin kuivumaan yön yli. Käytin tässä tutkimuksessa alumiinikuppeja sillä niihin sain tehtyä paksummat koepalat.

Perunajauhon valitsin koemateriaaliksi sillä se oli yksi raaka-aine selluloosa-asetaatti -pohjaisissa koruissani, jossa se toimi todella hyvin täyteaineena. Tein jokaisella materiaalilla kaksi testiä perunajauhojen kanssa. Ensin sekoitin 10 grammaan perunajauhoja niin paljon selluloosamassaa, että se juuri sai kaiken perunajauhon kosteaksi ja kasautumaan. Toisessa koepalassa halusin tutkia miten selluloosamateriaalin määrä vaikuttaa, jos sitä on runsaammin. Tässä kokeessa kaksinkertaistin ensimmäisen kokeen selluloosan määrän ja sekoitin sen samaan 10 grammaan perunajauhoa.

Sahanpurun valitsin toiseksi testimateriaaliksni sillä se on karkeaa ja paljon suurikokoisempaa kuin perunajauho. Se antaa erilaisen kuvan selluloosan ominaisuuksista, kuten sen liimaominaisuudesta suurempien kappaleiden välillä sekä sen täyteaineominaisuuksista. Tein sahanpurun kanssa samanlaisen testin kuin perunajauhojen kanssa. Lisäsin 3,5 grammaan sahanpurua sen verran selluloosamateriaalia, että osat alkoivat tarttua toisiinsa ja kasautua. Tämän jälkeen painelin massan tiiviisti alumiiniastiaan, jotta saisin ilmakuplat pois ja purut limittyisivät toisiinsa. Toisessa sahanpurukokeessa lisäsin tuplamäärän selluloosaa.

Olisin voinut määrittää selluloosamateriaalin ja perunajauhon tai sahanpurun kaikissa kokeissa saman suhtaisiksi, mutta niiden sisältäessä eri määrät vettä sekä käyttäytyessään eri tavoin, päätin mennä materiaalin mukaan. Pyrin tuottamaan sekoittamistani massoista vertailukelpoisia.

Tein koepaloille pienet rasisitestit, joissa taivutin niitä käsin tutkiakseni niiden vahvuutta ja muita ominaisuuksia. Tutkin myös millä tavalla selluloosamateriaalit vaikuttavat kappaleiden ulkonäköön.

NFC ilmeni sahanpurunäytteissä kiillon tuojana. Koepalat pysyivät kasassa, ja tuntuivat taivuttaessa kestäviltä. Vähemmän NFC:tä sisältävästä näytteestä irtosi hieman sahanpurua ja se halkesi helposti taivuttaessa. Enemmän NFC:tä sisältävä näyte tuntui kestävämmältä ja sahanpurut olivat sitoutuneet toisiinsa paremmin. Koepalan taittaminen oli hankalaa ja siihen vaadittiin enemmän voimaa. Kuitenkin periksi antaessaan se taittui helposti. Ensimmäinen näyte oli hieman kutistunut, toinen enemmän.

NFC:n perunajauhenäytteet olivat molemmat haljenneet ja kutistuneet. Ensimmäisessä näytteessä oli keskellä suuri läpi asti oleva halkeama, mutta se oli kuitenkin vielä yhdessä osassa. Toinen näyte oli myös koossa, mutta heikosti. Se halkesi muotista ottaessa kahteen osaan. Molemmat perunajauhonäytteet olivat heikkoja niistä kohdista, josta ne olivat edes vähän haljenneet. Kuitenkin pelkkää massaa sisältävät kohdat olivat jäykempiä, ja tarvitsivat hieman voimaa haljetakseen.

MFC:n sahanpurunäytteet olivat hieman enemmän kutistuneet kuin NFC:n koepalat. Koepaloissa näkyi NFC hieman valkoisena massana, joka oli sekoittunut sahanpurujen sekaan. Koepalojen pinnat näyttivät hieman ruskettuneen uunissa. Ensimmäinen näyte näytti haperammalta ja se puolittuikin helposti. Enemmän MFC:tä sisältävä näyte oli hyvin hankala puolittaa ja se vaati voimaa. Koepala antoi yhtäkkiä periksi ja napsahti poikki.

MFC:n perunajauhoa sisältävät koepalat olivat kutistuneet reilusti. Myös niiden pinta oli hieman ruskettunut. Ensimmäinen näyte tuntui haperalta ja mureni lähes itsestään koko ajan pienemmiksi palasiksi. Enemmän MFC:tä sisältävä näyte oli kuitenkin jäykempää, ja vaatii puolittuakseen voimaa, mutta katkesi napsahtaen.

MCC oli värjännyt sahanpurunäytteet valkoisiksi, mutta puun oma väri näkyi hieman alta. Sahanpurukoepalat murtuivat helposti, vähemmän MCC:tä sisältävä helpommin. Koepalat olivat värjäytyneet myös sisältä. Koepalat eivät olleet kutistuneet lähes ollenkaan.

MCC:n perunajauhokoepalat eivät yllättäen olleet murtuneet itsensä, mutta ne oli kuitenkin helppo puolittaa. Ne olivat kutistuneet, ensimmäinen vähemmän. Tulosten perusteella MCC ei sovi liitosaineeksi, mutta täyteaineena se saattaisi toimia.

2,5 % CMC:n perunajauhokoepalat näyttivät haperoilta ja sisälsivät paljon ilmaa. Osittain koepaloissa näkyi kirkasta kalvomaista kuivunutta CMC:tä. Koepalat oli helppo puolittaa, mutta taittaessa ne antoivat vähän kerrallaan periksi. Ne kestivät rasitusta pidemmän aikaa kuin aikaisemmin esitellyt selluloosamateriaalit. Ne eivät kuitenkaan olleet vahvoja.

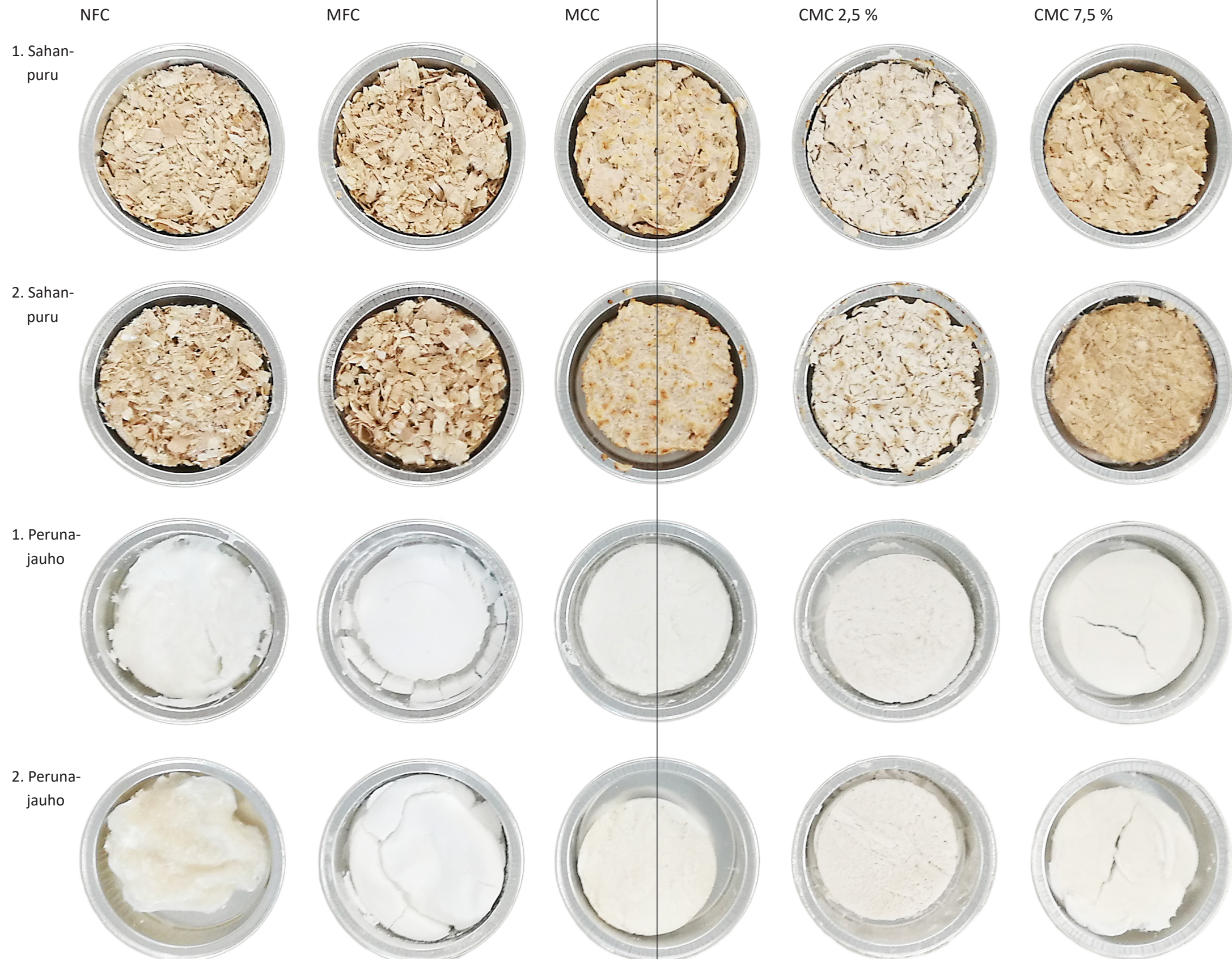
2,5 % CMC:n perunajauhokoepalat eivät olleet pitäneet muotin muotoa vaan olivat aaltoilleet ja pakkautuneet, sekä joistain kohdista hieman repeilleet. Niiden pinta oli kuitenkin miellyttävän sileää. Koepalat olivat myös lässähtäneen näköisiä. Molempien koepalojen puolituksessa tarvittiin yllättävän paljon voimaa, jos sitä ei puolittanut jo valmiiksi heikosta kohtaa.

7,5 % CMC toimi sahanpurukoepaloissa sidosaineena paremmin kuin 2,5 % CMC. Jo ensimmäistä koepalaa oli hyvin haastavaa saada puolitettua käsin. Se antoi periksi hyvin vähän kerrallaan ja taittaminen vaati aikaa ja voimaa. Toista koepalaa ei saanut käsin lainkaan puolitettua. Karkean materiaalin sidosaineena 7,5 % CMC toimi hyvin.

7,5 % CMC toimi voimakkaana sidosaineena myös perunajauhon kanssa. Koepaloja ei saanut käsin taitettua. Ne olivat kuitenkin kutistuneet suhteellisen paljon ja niiden muoto oli epämääräinen. Pohjalta koepalat olivat karkeita ja niissä oli ilmakuplia, mutta ne eivät heikentäneet sidosta.

Tämä koesarja auttoi minua ymmärtämään paremmin materiaalien eroja ja varsinkin niiden toimivuutta erilaisten materiaalien kanssa sidos- ja täyteaineina. Parhaimmaksi sidos- eli liima-aineeksi nostan 7,5 % CMC:n, jonka koepaloja ei saanut käsin taitettua kahtia. Ne eivät myöskään taipuneet. Täyteaineena se ei kuitenkaan toimi, vaan näyttää luovan massasta epävakaan, joka aiheuttaa epämääräistä muotoa. Molemmat CMC:n perunajauhokoepalat myös kutistuivat verrattain paljon. Sahanpurukoepalat eivät kutistuneet merkittävästi, mutta niissä oli paljon ilmataskuja. Täyteaineena toimii parhaiten MCC, vaikka se ei toimikkaan liima-aineena ja tekee komposiitista heikon. Sen sahanpurukoepalat eivät kuitenkaan kutistuneet paljoa ja ne olivat paljon tiiviimpiä kuin CMC:n. Perunajauhon kanssa täyteaineena voivat toimia myös NFC ja MFC. Olen kuitenkin käyttänyt perunajauhoa pääasiassa itsenäisesti täyteaineena, joten se ei tarvitse itsessään lisää täyteainetta.

Kuva 11. Selluloosa sidos- ja täyteaineena -koepalat kuivuneet 50°C uunissa





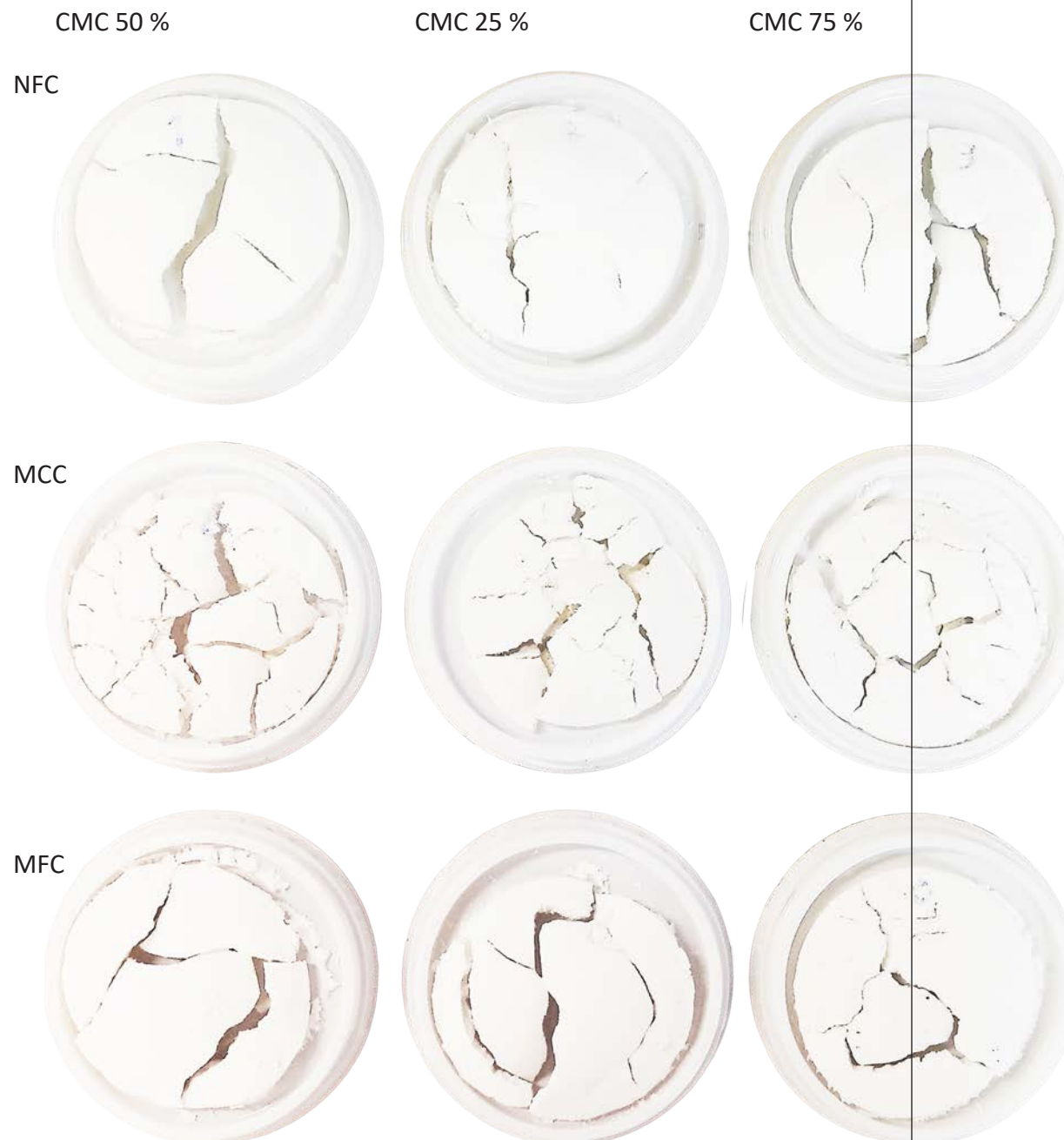
6.6. Valettava selluloosamassa

Yksi mahdollisuus käyttää materiaaleja on kehittää niistä valettava korumateriaali, kuten tein viime kesänä CHEMARTS -kesäkurssilla selluloosa-asetaatin ja perunajauhon kanssa. Komposiitilla sai luotua muottiin valettuja kolmiulotteisia elementtejä, jotka eivät kutistuneen ja jotka eivät sisältäneet suuria ilmakuplia. Myös valukappaleiden pinnat olivat tasaisia. Halusin tutkia, voisiko mikään tutkmani selluloosamateriaali korvata selluloosa-asetaattia. Olen jo aikaisemmin tehnyt kokeita valitsemieni selluloosamateriaalien ja perunajauhon kanssa, ja nyt päätin kokeilla perunajauhon sekoittamista kahden selluloosamateriaalin yhdistelmään (*kuva 12*). Olen huomannut CMC:n toimivat hyvin sidosmateriaalina, joten päätin sekoittaa siihen joko NFC:tä, MFC:tä, MCC:tä sekä perunajauhoja kunnes seoksesta tulee tahnamaista. Jokaisen materiaalin välillä vaihtelin selluloosamateriaalien välisiä suhteita. Käytin myös helmimuottia, jotta näkisin massojen käyttäytymiserot erilaisissa muodoissa. Koepalat kuivuivat 60°C uunissa yön yli.

Ensimmäisessä kokeessa selluloosamateriaalien suhde oli 50:50, seuraavassa CMC:tä oli 75 % massasta ja kolmannessa 25 %.

Tutkimustulokset olivat kaikissa testeissä hyvin samankaltaisia. Kiekkotesteissä NFC:tä sisältäneet koepalat olivat vahvimpia ja MCC:tä sisältävät koepalat heikoimpia, mutta niiden väliset erot ovat pieniä. Lähes kaikissa oli näkyvissä murtumia kuivumisen jälkeen ja puolittamiseen ei tarvittu merkittävästi voimaa. Tämän vuoksi en tässä opinnäytetyössä lähde erittelemään koepalojen välisiä eroja.

Kuva 12. Valettava selluloosamassa -koepalat



Myös helmimuottiin tehdyt koepalat ovat samankaltaisia yhtä koepalaa lukuun ottamatta. Kaikissa muissa on havaittavissa kosteudesta johtuvaa pinnan kuoppamaisuutta, samantapaista kuin golfpalloissa. Aikaisemmin selluloosa-asetaatista tekemäni helmet olivat sileitä. Suurimassa osassa massoista pallomaiset näytteet pysyvät hyvin koossa, mutta muutamasta jäi muotin pohjalle palasia. Kaikki kuitenkin muodostivat pyöreitä, vain hieman kutistuneita helmiä.

Ainoa iloinen lopputulos oli 75 % CMC:tä ja 25 % NFC:tä sisältävä helmi-koepala (kuva 13), jonka pintaan ei ollut syntynyt suurta kuoppamaista kuviota. Pinta on sileä, mutta ei täysin tasainen, vaan sisältää pieniä juovia ja kuoppia.

Tässä koesarjasta sain viitteitä siitä, miten eri seokset voisivat käyttäytyä keskenään ja miten ne toimivat kolmiulotteisessa muotissa. Golfpallomaisista pintaa olisi myös mielenkiintoista käyttää produktio-osan koruvalmistuksessa.

Kuva 13. Valettava selluloosamassa -helmikoepalat. Kaikki muut helmikoepalat ovat pinnaltaan kuoppamaisia, paitsi 75 % CMC + 25 % NFC koepala.



6.7. Selluloosakuitu sitojana

Monet tekemistäni koepaloista ovat olleet heikkoja, joten tein kokeen, jossa tutkin selluloosakuitua materiaalin vahvuuden lisääjänä (kuva 14). Tein jokaisella selluloosamateriaalilla kaksi koepalaa, joihin lisäsin kuivaa selluloosakuitua. Tein käyttämäni selluloosakuidun paksuista paperiarkeista erottelemalla kuidut toisistaan sähköisellä kahvimyllyllä. Pilkkomisen sijaan se heittelee materiaalia suurella voimalla irrottaen näin kuidut toisistaan. Lopputuloksena oli hyvin hienoa pumpulimaista selluloosakuitua.

Ensimmäisessä kokeessa lisäsin 20 grammaan selluloosamateriaalia 0,2 grammaa selluloosakuitua. Toisessa kokeessa lisäsin samaan määrään selluloosamateriaalia 0,6 grammaa kuitua. Sekoitin massat käsin ja asetin ne levymuottiin kuivamaan yön yli 50°C uuniin.

NFC:n koepalat kupristuivat runsaasti ja selluloosakuitu ei sekoittunut massaan tarpeeksi hyvin näkyen nyt pieninä kasaumina. Valo läpäisee koepalat hyvin ja näytteissä on hieman joustavuutta. Toinen koepala on kutistunut enemmän kuin ensimmäinen. Koepalat ovat kellertäviä.

MFC:n koepalat ovat kutistuneet runsaasti ja kaareutuneet jonkin verran. Myös ne ovat hiukan kellertäviä ja niissä on selkeästi näkyvillä sekoittumattomia selluloosakuitukasaumia. Niiden reunat ovat nousseet. Koepalat ovat hieman joustavia.



MCC koepalat ovat kutistuneet vain vähän ja ne ovat myös pysyneet yllättävän hyvin suorina ja kasassa, vaikka MCC ei aikaisempien tutkimusten mukaan toimi sidosaineena. Ensimmäisessä koepalassa on havaittavissa pieniä repeämiä. Koepalat sai helposti puolitettua mutta ne halkesivat hyvin paperimaisesti.

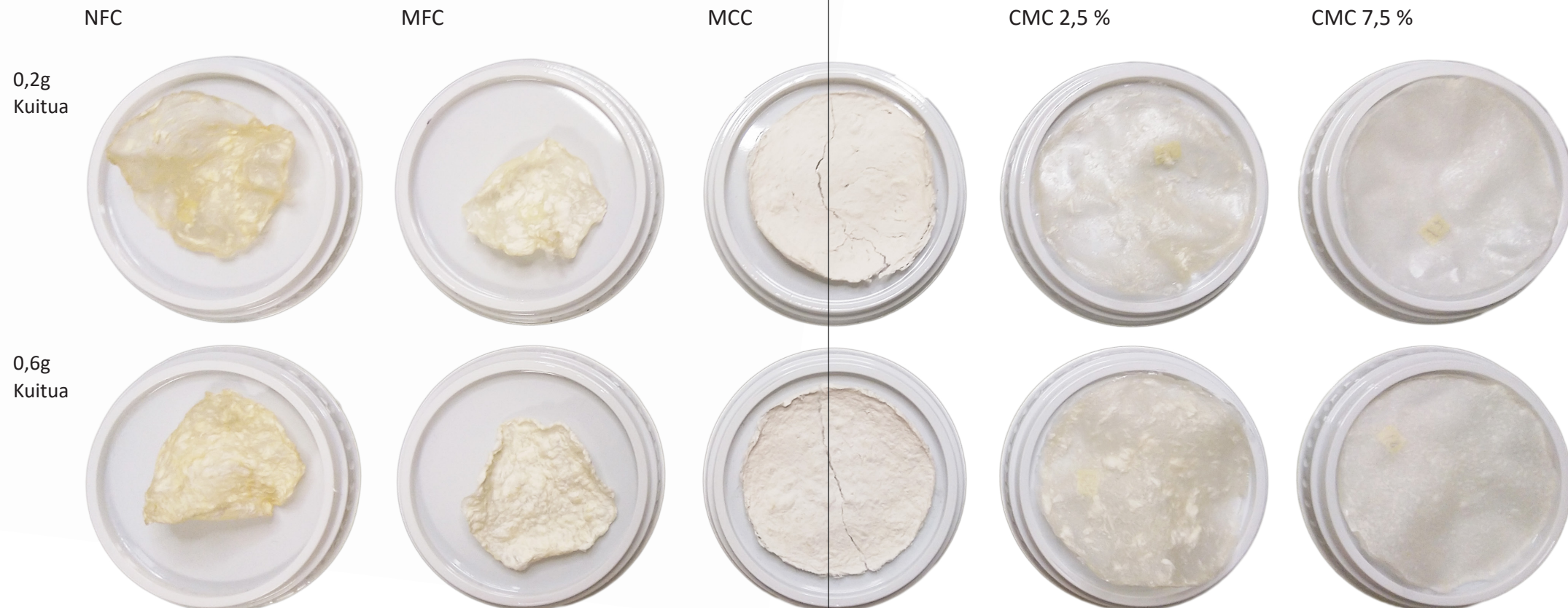
2,5 % CMC koepalat ovat läpikuultavia ja niiden seassa näkyy selkeästi selluloosakuitukasaumia. Kuitua pystyy kuitenkin havaitsemaan myös hyvin sekoittuneena seoksessa. Koepalat ovat jonkin verran joustavia ja kaareutuneita. Niissä näkyy myös paljon pieniä ilmakuplia. Ne ovat myös kellertäviä.

MCC

7,5 % CMC koepalat ovat yllättävän joustavia ja selluloosakuidut ovat sekoituneet massaan hyvin. Molemmissa on kuitenkin paljon pieniä ilmakuplia, enemmän kuitua sisältävässä koepalassa enemmän. Molemmat ovat kutistuneet vain vähän. Ne ovat hieman kellertäviä mutta päästivät valoa verrattain hyvin lävitse.

Tämä koesarja antoi paljon tietoa selluloosakuidun ominaisuuksista selluloosamateriaaleissa. Kuidut sopivat hyvin sitomaan ja vahvistamaan kappaleita myös rasituksessa.

Kuva 14. Selluloosakuitu sidostajana -koepalat kuivuneet 50 °C uunissa



6.8. Vaahdottaminen

Tein myös kokeen jossa vaahdotin materiaaleja natriumlauryylisulfaatin (SDS) avulla (kuva 15). Lisäsin 25 grammaan jokaista materiaalia 0,2 % SDS:ää ja sekoitin ne yhteen lusikan avulla. Vaahtoutuneet koepalat kuivuivat levymuotilla 50°C uunissa yön yli.

NFC koepala on erikoisesti synnyttänyt keskelleen suuren halkeaman. Materiaali koostuu useista suurireikäisistä kerroksista. Se on hieman joustava.

MFC koepala on hyvin repaleinen ja reikäinen, sekä haljennut useaan osaan. Koepalan reunat ovat sahalaitaisia.

MCC koepala on hyvin mielenkiintoinen. Se on haljennut moneen osaan normaalisti, mutta osat ovat kauniin korallimaisia. Ne ovat myös herkkiä ja rikkoutuvat helposti.

2,5 % CMC koepalan reunoissa on kuivunutta vaahtoa, mutta keskikohta on pinnaltaan tasainen niin kuin normaalisti kuivuessaan. Siinä on kuitenkin paljon valkoisena esiintyvää pientä kuplaa ja vain vähän materiaalille ominaista läpinäkyvyyttä.

7,5 % CMC koepala on kuivuneena kellertävän valkoinen, hieman kaareutunut ja täynnä suuria ja pieniä ilmakuplia. Se on edelleen joustava, mutta läpinäkyvyys on hävinnyt.

Vaahtoutuneet koepalat olivat kiinnostavia ja niiden ominaisuuksia olisi mielenkiintoista käyttää korutuotannossa. Huomasin, että materiaalit olisi hyvä sekoittaa yhteen sähkövatkaimen avulla, jotta saataisiin mahdollisimman vaahdonnut massa.

Kuva 15. SDS:llä vaahdotetut koepalat kuivuneet 50 °C uunissa

NFC



MFC



MCC



CMC 2,5 %



CMC 7,5 %





7. Materiaaleista nykykoruksi

Uunikuivattu vaahdotettu 2,5 % CMC

7.1. Valitut materiaalit

Koska tein materiaalitutkimusta ja kartoitin erilaisten materiaalien ominaisuuksia, en halunnut pakottaa niitä niille epäsopivaan muotoon. Tarkoitukseni oli ohjata materiaali puettavaan muotoon niin, että sen ominaispiirteet säilyvät. Pyrin saamaan materiaalit toimimaan vapaasti ja kuivumaan omaan muotoonsa, mutta hieman avustaen, jotta sain luotua vartaloon sopivan korun. Johdin korujen muotoa kuivumisen aikana pahvista tehtyjen kaarevien muotien sekä erilaisten astioiden avulla. En kuitenkaan päättänyt tai suunnitellut muotteja tai koruja tehdessäni mihin kohtaan vartaloa valmiit korut sijoittuisivat. Pyrin orgaanisen kaarevan ja hieman koukkumaisen muodon luomiseen, jotta korut sijoittuisivat ja kiinnittyisivät vartaloon paremmin. Vertasin valmiin korun muotoja vartaloon ja näin korulle löydettiin sille sopivin paikka. Se kohta, jossa koru ja vartalo kohtasivat muodoiltaan ja hengeltään.

Tutkimuksieni myötä tykästyin kaikkiin materiaaleihin ja löysin niistä visuaalisuutta ja kauneutta. Eri tavoin työstetyt materiaalit miellyttivät minua eri testeissä. Tutkimani materiaalit olivat erilaisia ja niillä oli omia ominaispiirteitä, jotka vetosivat minuun. En halunnut keskittyä vain yhden materiaalin käyttämiseen lopullisten korujen tekemisessä vaan käytin niitä kaikkia. Käytin yhteen koruun joko yhtä tai kahta materiaalia, jotka tukevat toisiaan.

Innostuin materiaaleista ottamistani mikroskooppikuvista, ja varsinkin siitä, miltä ilmakuplat näyttävät. Käytin näitä mikroskooppikuvia inspiraatiolähteenä korujen muodoille. Tehdessäni korua, en suunnitellut tai luonnostellut ennakoon mitä tekisin, vaan korun muoto tuli itsekseni materiaalin ja oman fiiliksen mukaan. En keskittynyt muodon yksityiskohtiin ja materiaalit saivat valua ja asettua niin kuin halusivat.

7.2. Nykykoru NFC

NFC oli mielenkiintoinen materiaali tutkia, sillä se toimi hyvin monin eri tavoin niin työstettynä kuin kuivattuna. Sitä voi käyttää sidosaineena ja se kuivuu suhteellisen tasaiseksi levyksi, vaikka pyrkiikin kaareutumaan eri suuntiin. NFC:llä saa tuotettua kirkkaita ohuita filmejä, mutta materiaali tummenee, himmenee ja kellertyy mitä paksumpi kuivunut levy on. Ohuena levynä materiaali repeää helposti mutta paksuna se on suhteellisen kestävä ja joustavaa. Materiaalin suurin ongelman on sen kosteudensitomiskyky, joka vaikuttaa lopullisen tuotteen muotoon ja kuivumisaikaan. Toisaalta NFC:n ominaisuutta sitoa kosteutta olisi voinut käyttää myös hyödyksi korunvalmistuksessa. Materiaali kutistuu runsaasti kuivuessaan ja käyttäytyy arvaamattomasti.

Käytin NFC korun valmistukseen (*kuva 16*) opettajamme, kemian ja tekniikan professori Tapani Vuorisen kehittämää uutta menetelmää joustavan NFC filmin tekemiseen. NFC sekä kuidut sekoitetaan keskenään ja jätetään kalsiumkloridia (CaCl_2) sisältävään veteen yli tunniksi, jonka jälkeen ne kuivataan alle 60°C lämpötilassa. Kalsiumkloridi hyydyttää NFC:n ja tekee siitä kiinteämpää sekä kuivuneesta massasta joustavampaa.

Olin nähnyt kesäkurssin opiskelijoiden tekävän NFC filmejä erilaisista materiaaleista Vuorisen menetelmän avulla, ja halusin itse testata menetelmää kolmiulotteisessa mallissa. Aloitin prosessin samoin kuin muut, jossa sekoitin NFC:n joukkoon valkoista, yhteen kasaumiksi liittyntä selluloosakuitua. Olisin voinut käyttää myös hyvin eroteltua kuitua, mutta toivoin tämän selluloosan tuovan korun pintaan hyvin erottuvia kuvioita ja tekstuuria. Valitsin selluloosakuidut, sillä halusin pitäytyä kokonaan selluloosasta valmistetuissa koruissa.

Laitoin NFC:stä ja kuiduista yhteen sekoitetun massan muoviselle leikkuulaudalle ja lähdin levittelemään sitä sattumanvaraisesti. Päädyin tekemään inspiraationsa mikroskooppikuvista saaneita kaarevia muotoja seuraavan levyn, jossa oli erikokoisia aukkoja. Tein levystä paksun, sillä uskoin sen kutistuvan runsaasti kuivuessaan. Jätin levyn hautumaan kalsiumkloridi-vesi-liuokseen viikonlopun ylitse. En tiedä onko massan liottamisajan pidentämisellä merkitystä saatavan levyn joustavuuteen verrattuna vain tunnin lilluneeseen. Tämän tutkiminen vaatisi oman koesarjansa. Sen tiesin aikaisempien opiskelijoiden tekemien testien pohjalta, että suurta haittaa siitä ei kuitenkaan synny.

Otin levyn pois liuoksesta ja laitoin sen kuivumaan 50°C uuniin viideksi tunniksi. Tässä ajassa se oli ehtinyt osittain kuivua niin, että sitä pystyi käsittelemään ilman rikkoutumista. Asetin puolikuivan levyn kartiomallisen keittopullon päälle ja kiersin sen ympärille harvakuteista kangasta, jotta se pysyisi pullon ympärillä tippumatta. Jätin sen sen jälkeen 50°C uuniin kuivumaan yön yli. Seuraavana päivänä koru oli vielä hieman kostea, mutta oli kuivunut muotoonsa. Irrotin sen muotista ja jätin uuniin kuivumaan vielä toiseksi yöksi.

Valmis koru on joustava ja paksu, mutta hyvin muotonsa pitävä. Koru on keltaiseen taittavan ruskea ja sen pinnassa näkyvät valkoiset selluloosakasaumat. Koru ei ole kokonaan ottanut muotoaan keittopullosta, vaan on osittain kaareutunut eri suuntiin.

Valmiille korulle oli hetken hankala löytää paikkaa mallin vartalosta. Alun perin oletin korun kiinnittyvän muotojensa ansiosta joko ranteeseen tai nilkkaan, mutta niistä se ei löytänyt omaa paikkaansa. Korun muodot pääsivät viimein esiin olkapäässä, jossa ne nostavat itse olkapään kaarta näkyviin omien muotojensa rinnalle.

Alun perin hieman rumana värinä pitämäni kellertävän ruskea sopii mallin värin ihoon ja luo yhtenäisen kokonaisuuden. Myös niin olkapään kuin korun muodot tukevat yhtenäistä kuvaa. Koru itsessään ei ole kaunis perinteisen kauneuden standardien mukaan, mutta olkapäässä ollessaan siitä kuoriutuu esiin viehättävyyttä ja elävyyttä.



Tyhjiöuunikuivattu NFC

Kuva 16. Nykykoru NFC



7.3. Nykykoru MFC

MFC tuntui kokeiden aikana hieman tylsältä ja jäi muiden varjoon. MFC:ssä on hieman enemmän kuiva-ainetta kuin NFC:ssä ja se myös kutistuu ja kuivuu hallitummin ja tasaisemmin alkuperäisen muodon mukaan. Esimerkiksi levy-muoteissa se kuitenkin kutistuu leveyssuunnassa enemmän kuin muut materiaalit. Materiaalin kasautuminen luo siitä yllättävän kestävä, mutta se ei toimi esimerkiksi sidosaineena niin hyvin kuin NFC tai varsinkin CMC.

MFC ei noussut varsinkaan visuaalisilta ominaisuuksiltaan missään kokeessa esiin ja sen käyttö koruissa tuntui aluksi hankalalta. Muut materiaalit löysivät helposti niille sopivat käyttötavat, mutta MFC:lle piti etsiä sitä sopivaa ja mielellään muista poikkeavaa tapaa. Pidin MFC:n tuottamasta paperimaisesta pinnasta, jonka se sai lämpöpuristimessa. Halusin käyttää tätä ohutta ja herkkää pintaa omassa nykykorussani. Lähdin tuottamaan tasaista levyä materiaalista, mutta pian siirryin tekemään mikroskooppikuvista inspiraationsa saaneita kuvioita. Aluksi käytin MFC:n asetteluun lusikkaa, kunnes vaihdoin sen muoviseen lääkeruiskuun paremman jäljen saamiseksi. Sen avulla tein pieniä toisiinsa kiinnittyneitä erikokoisia ympyröitä. Pursotetut kuviot muuttuivat prässäyksessä pitsimäiseksi ja paperimaiseksi taipuvaksi kankaaksi. Ensimmäiset lämpöprässikoikeilut MFC nykykorun tekemisessä eivät tuntuneet hyviltä, mutta nyt olen todella tyytyväinen lopputulokseen.

Aloitin MFC nykykorun tekemisen pursottamalla MFC:tä veden läpipäästävän tiheän kankaan päälle, jonka alla oli paksua kartonkia. Kartonki imi jo pursotusvaiheessa kosteutta MFC:stä. Kun pursotus oli valmis, laitoin korun päälle toisen palan kangasta ja noin 4mm kokoiset stopparit. Laitoin päälle sekä alle vielä pari kartonkia ennen kuin laitoin kokonaisuuden lämpöpuristimeen. Puristin aluksi koepalaa vain hetken, jonka jälkeen vaihdoin kostuneet kartongit. Vaihdoin kartonkeja muutaman kerran, mutta pidin stoppareita paikoillaan koko prässäyksen ajan. Käytin lämpöpuristimessa lämpöä vain alemmalla lämpölevyllä. Aiemmassa lämpöpuristinkokeessa olen lämmittänyt myös ylälevyn, mutta nyt se oli epäkunnossa. Olen kuitenkin tyytyväinen, että pystyin käyttämään lämpöpuristinta, ja että vain alhaalta lämmittäminen toimi tämän korun valmistamisessa.

Valmis koru on luonnonvalkoinen, ohut ja helposti taivuteltava paperimainen levy. Sen saa helposti revittyä osiin, mutta se kestää hyvin käsittelyä. Perinteiseen koruun liittyvät sanat korumaisuus sekä herkkyys ja pitsisyys, joilla myös tätä korua voitaisiin hyvin kuvata. Katsoja ei kuitenkaan mieltäisi sitä perinteiseksi koruksi pääasiassa sen kangasmaisuuden, koon, hankalan kiinnityksen, materiaalin, sekä vartaloon sijoittumisensa vuoksi. Se kuitenkin täyttää korun ratkaisevan ominaisuuden, yhteyden kehoon.

Vaikka tekemäni nykykoru on mielenkiintoinen itsenään, tulee siitä paljon vaikuttavampi kun se sijoitetaan vartaloon. Koru muotoutuu vartalon mukaisesti ja luo ihon pinnalle auringonvalon avulla kauniita kuvioita. Tasaisesta levy-mäisestä korusta muodostuu vartalolla kolmiulotteinen ja elävä pinta.

Olen tyytyväinen tähän nykykoruun, ja sitä voitaisiin käyttää korun lisäksi myös muissa tuotteissa ja kohteissa. Pidän materiaalin valkoisesta sävystä sekä sen kuviosta, joka tuo vahvasti mieleeni mikroskooppikuvat.



Kuva 17. Nykykoru MFC

7.4. Nykykoru MCC + CMC 2,5 %

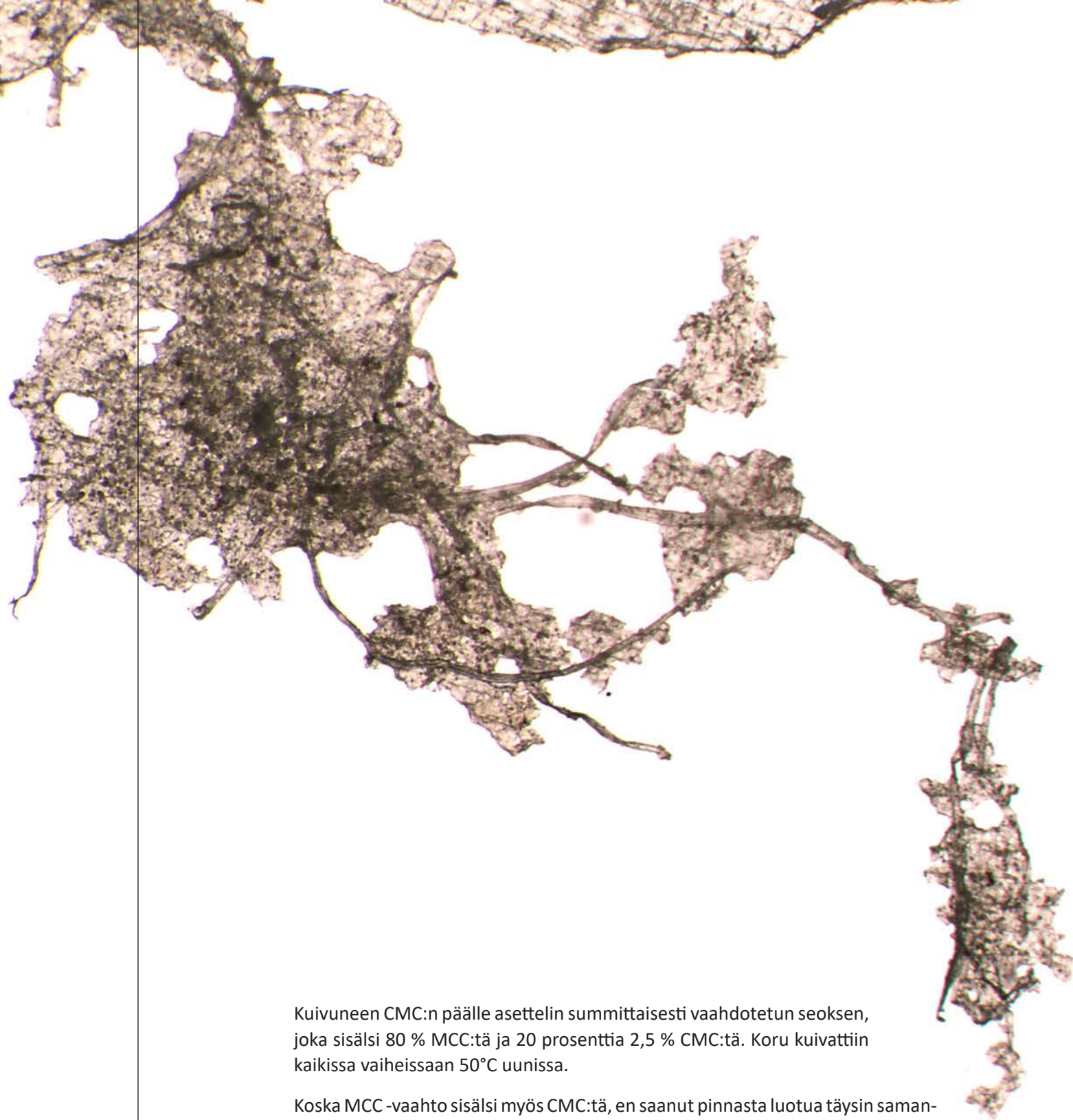
Korumateriaalina MCC tuntui hankalalta. Se sisältää eniten kuiva-ainetta kaikista materiaaleista, joka voi olla osasyynä siihen, että se myös halkeilee osiin kuivuessaan. Helmimuotissa se kuitenkin pysyi kasassa ja kuivui muotin muotoja mukaillen ja kutistui kaikista vähiten. Myös kuitujen lisääminen massaan auttoi MCC koepaloja pysymään kasassa. MCC toimii paremmin täytemateriaalina kuin sidosaineena.

Yksi mielestäni kauneimmista tekemistäni koepaloista oli SDS:n avulla vaahdotettu MCC, joka loi kauniin korallimaisen pinnan. Halusin käyttää tätä tekstuuria korunvalmistuksessa, mutta ongelmaksi muodostui materiaalin sirpaloituminen kuivuessaan sekä syntyneen vaahdon hauraus. Vaahtoutunut MCC oli todella herkkää ja rikkoutui kosketuksesta.

Halusin koittaa vaahdotetun MCC:n käyttöä ja lähdin tutkimaan, kuinka sen saisi pidettyä kasassa. Lähdin tekemään kokeita, joissa yhdistin MCC:hen 2,5 % CMC:tä. Valitsin 2,5 % CMC:n MCC:n kanssa samaan koruun työstettäväksi, sillä se on alusta asti tuntunut helpolta materiaaalilta. Sillä saa tehtyä kestäviä kirkkaita ja läpinäkyviä filmejä ilman ilmakuplia. Se toimii hyvin myös sidos- ja liima-aineena ja antaa komposiiteille joustoa. Se myös muotoutuu hyvin muotin mukaan eikä korkeasta vesipitoisuudesta huolimatta kutistu sivuttaissuunnassa paljon ollenkaan.

Tein erilaisia kokeita materiaalien yhdistämisestä ja huomasin, että jo kuivatun 2,5 % CMC -kalvon päälle sijoitettu MCC kiinnittyi hyvin. Vaahtomainen struktuuri kuitenkin rikkoutui edelleen helposti, joten lisäsin MCC vaahtoon hieman CMC:tä. 2,5 % CMC lisäsi huomasti vahvuutta, mutta vähensi MCC:n luomaa vaahtomaista pintaa.

Lähdin tuottamaan nykykorua valuttamalla tuorekelmulla päällystetylle alustalle 2,5 % CMC:tä. Käytin tuorekelmua, sillä materiaali oli siitä suhteellisen helppo irrottaa, mutta se antoi CMC:lle myös mahdollisuuden muotoutua ja kuivua oman mielensä mukaan paremmin kuin leivinpaperi tai folio. Tuorekelmu tuotti CMC -kalvoon kiehtovia pintoja. Ongelmana tuorekelmun käytössä oli CMC:n runsas leviäminen, joka tuotti liian ohutta kalvoa. Tein materiaalille muotin, jossa laitoin tuorekelmun alle foliosta tehtyjä stoppareita, joilla rajasin materiaalin valumisaluetta. Lisäsin CMC:tä kaksi kerrosta, jotta sain tukevan pohjan MCC:lle.



Kuivuneen CMC:n päälle asettelin summittaisesti vaahdotetun seoksen, joka sisälsi 80 % MCC:tä ja 20 prosenttia 2,5 % CMC:tä. Koru kuivattiin kaikissa vaiheissaan 50°C uunissa.

Koska MCC-vaahto sisälsi myös CMC:tä, en saanut pinnasta luotua täysin samankaltaista korallista pintaa kuin pelkän MCC:n avulla. Haluaisin kehittää materiaaliyhdistelmää niin, että vaahtomainen ominaisuus säilyisi tarpeeksi kestäväänä.

Itse korusta tuli mielenkiintoinen ja herkkä, vaikka materiaali itsessään on aika kovaa ja pistelevä. Se on suurikokoinen, mutta kuitenkin kevyen näköinen. Koru joustaa sen verran että sen saa helposti puettua päälle. Pinta on hyvin elävä ja valkoiset MCC:stä valmistetut kohdat tuovat koruun vaihtelua.



Kuva 18. Nykykoru MCC + CMC 2,5 %

7.5. Nykykoru CMC 7,5 %

Materiaalina 7,5 % CMC on kestäväää ja joustavaa. Sillä saa luotua kirkkaita ja läpinäkyviä filmejä, joissa on ilmakuplia. Kuivuessaan 7,5 % CMC kaareutuu ja elää enemmän kuin 2,5 % CMC. Se ei myöskään kuivu muotin mukaisesti yhtä hyvin. Se toimii kuitenkin paremmin sidos- ja liima-aineena kuin mikään muu tutkimani selluloosamateriaali.

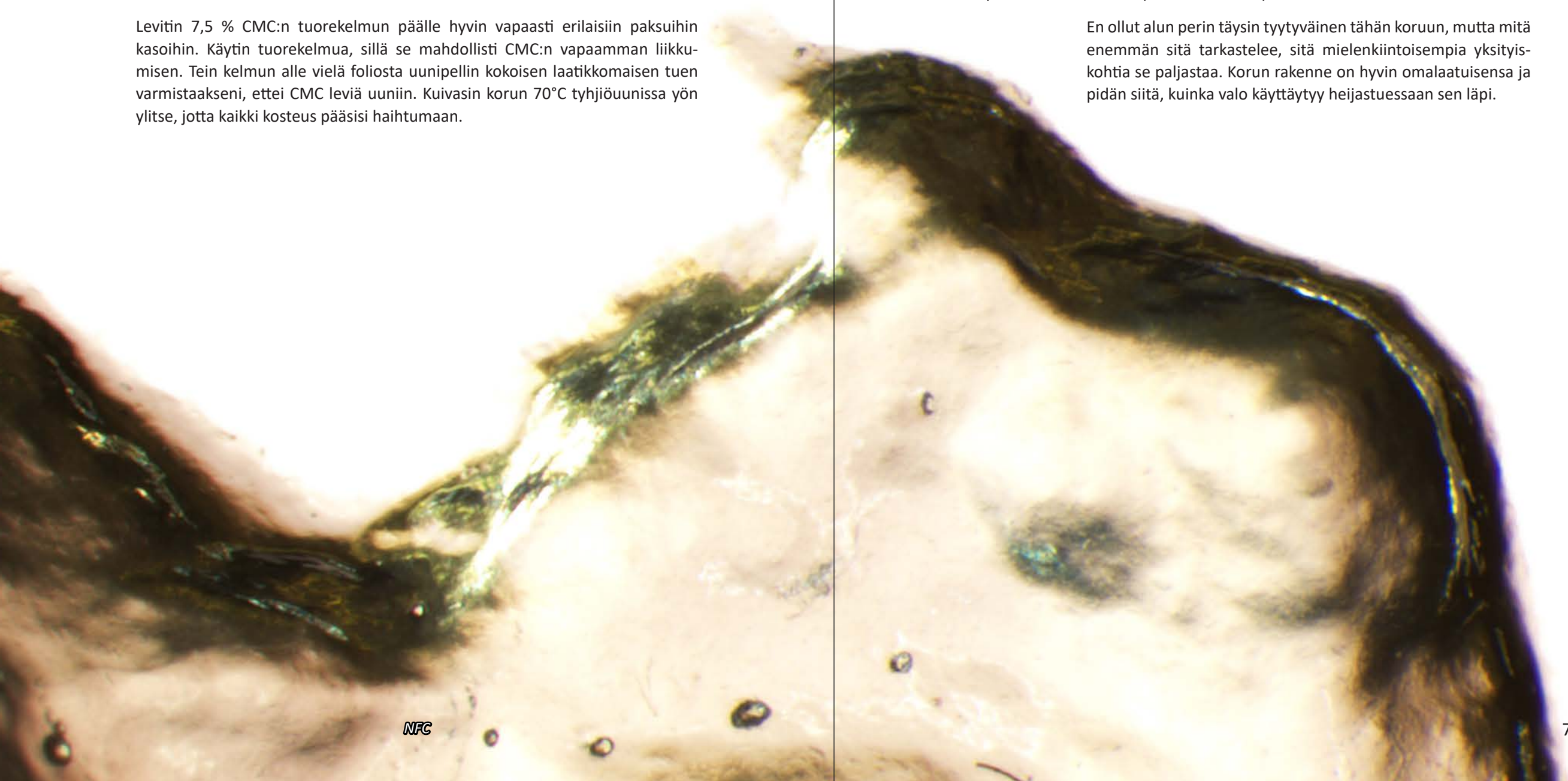
Löysin 7,5 % CMC:n korumaisen olemuksen sen tullessa ulos tyhjiöuunista. Sen pinta oli hyvin rikkonainen ja se koostui useista reikäisistä kerroksista, jotka olivat syntyneet ilmakuplien paetessa materiaalista. Pinta oli mielestäni todella mielenkiintoinen.

Levitin 7,5 % CMC:n tuorekelmun päälle hyvin vapaasti erilaisiin paksuihin kasoihin. Käytin tuorekelmua, sillä se mahdollisti CMC:n vapaamman liikkumisen. Tein kelmun alle vielä foliosta uunipellin kokoisen laatikkomaisen tuen varmistaakseni, ettei CMC leviä uuniin. Kuivasin korun 70°C tyhjiöuunissa yön ylitse, jotta kaikki kosteus pääsisi haihtumaan.

Asetellessani CMC:tä tuorekelmulle jätin siihen rakoja, joiden toivon luovan aukkoja, mutta CMC:tä oli niin paksu kerros että se täytti nämä aukot. Loppu-tulos on kuitenkin mielenkiintoinen, ja paksu kerros 7,5 % CMC:tä loi kauniin monikerroksisen ja pienireikäisen pinnan. Koru on kellertävä ja valoa läpipäästävää. Se on myös kiiltäväpintainen ja heijastaa valoa.

Korulle oli hieman hankalaa löytää paikkaa kehosta, sillä siinä ei ole koukku-maisia ulokkeita, joten sen kiinnitys on hankalaa. Koru kuitenkin löysi oman paikkansa korvanlehden päältä, jossa se kauniisti heijastaa kuvioita kasvoille. Myös tämän korun sisin pääsi esiin vasta puettuna.

En ollut alun perin täysin tyytyväinen tähän koruun, mutta mitä enemmän sitä tarkastelee, sitä mielenkiintoisempia yksityis-kohtia se paljastaa. Korun rakenne on hyvin omalaatuisensa ja pidän siitä, kuinka valo käyttäytyy heijastuessaan sen läpi.





Kuva 19. Nykykoru CMC 7,5 %



8. Yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia ja tutustua valitsemini selluloosa-polymeereihin. Koen että tekemäni materiaalitutkimus avasi paljon näiden materiaalien ominaisuuksia ja pohjusti hyvin produktio-osaa eli nykykorujen tekemistä. Nykykorujen valmistaminen materiaalien avulla sujui hyvin ja koen niiden täyttävän nykykorun määritelmät.

Alun perin aloittaessani opinnäytetyötä tarkoitukseni oli kehittää kesäkurssilla tekemäni selluloosa-asetaattipohjaisen valettavan korumateriaalin kaltainen komposiitti selluloosapolymeereistä. Tutkimuksen edetessä huomasin, etteivät materiaalit sovi tällaisen komposiitin luomiseen yhtään niin hyvin kuin selluloosa-asetaatti. Muutin siis suuntaa materiaalien omien ominaisuuksien korostamiseen ja niiden käyttämiseen. Olen tyytyväinen tekemästani muutoksesta, sillä se kannattelee materiaalien omaa luonnetta. Käyttämällä materiaalien ominaisuuksia niin, että materiaali saa aikaan vapaasti kuivuessaan asettua haluamaansa muotoon, annoin itse materiaalille tärkeän osan korun syntyprosessissa. Myös valmis koru sai löytää oman paikkansa vartalosta. Tekemäni ratkaisut antavat materiaaleille vapautta ja nostavat ne jalustalle.

Valokuvasin valmiit korut luonnossa. Halusin nostaa esiin korujen materiaalien alkuperää valitsemalla kuvauspaikaksi metsän tai pellon kaupungin sijaan. Valokuvissa näkyvien puiden ja kasvien selluloosat yhdistyvät korujen selluloosaan ajatusten tasolla.

Valokuvauksen aikana oli hyvin mielenkiintoista nähdä kuinka korut heräsivät eloon kun ne puettiin päälle. Ihokosketus loi omituisen näköisistä esineistä koruja. Koru liittyy ja sulautuu vartaloon ja ne tukevat toisiaan luoden omanlaisensa kokonaisuuden. Mallin iho ja korujen värit sekä tekstuurit sopivat yllättävän hyvin toisiinsa.

Ennen valokuvausta en ollut ajatellut valon merkityksen olevan tekemissäni nykykoruissa niin suuri. Auringonvalo toi esiin varjoja, jotka elivät iholla, tai tunkeutui korujen läpi luoden erilaisia heijastuksia. Auringonvalo näkyi myös korujen pinnassa pieninä heijastuksina ja korujen läpikuultavuuden näyttäjänä.

Haluaisin tulevaisuudessa jatkaa erilaisten selluloosapohjaisten materiaalien tutkimista ja jatkokehittellä niitä erilaisiin tuotteisiin sopiviksi. Mietinkin mahdollisuutta jatkaa materiaalien kehittelyä ja keskittyä esimerkiksi niiden värjäämiseen luonnonmateriaalien avulla. Myös kaupallisten korujen tuottaminen olisi kiinnostavaa. Olen innostunut erilaisista materiaaleista ja oli mielenkiintoista lähteä luomaan tuotteita materiaalitutkimuksen kautta. Tulevaisuus materiaalisuunnittelun parissa kiinnostaa minua. Koen tämän opinnäytetyön antaneen minulle enemmän tietoa, taitoa ja mahdollisuuksia kuin olin alun perin toivonut.



Lähteluetelo

Tyhjiöunikuivattu 2,5% CMC

Aalto University/CHEMARTS. (2018). CHEMARTS. Noudettu 7.8.2018 osoitteesta CHEMARTS: <http://chemarts.aalto.fi/>

Ahde-Deal, P. (2013). Women and Jewelry – A social Approach to Wearing and Possessing Jewelry. Helsinki: Aalto Arts Books

Bello, P. (ei pvm). Goodscapes: global design processes

Byrne, E. C. (2014). Jewelry as narrative. Noudettu 28.7.2018 osoitteesta <https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5101&context=etd>

Hughes, G. (1972). The art of jewelry. Great Britain: Studio Vista Publisher

Isotalo, K. (1996). Puu- ja sellukemia. Kemi: Opetushallitus

Kangas, H. (18.3.2015). Opas selluloosananomateriaaleihin. Noudettu 2.7.2018 osoitteesta VTT: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T199.pdf>

Koskenlaakso, L. (24.5.2017). Uudenlaista liiketoimintaa selluloosasta. VTT Impulssi. Noudettu 2.7.2018 osoitteesta <https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Uudenlaista-liiketoimintaa-selluloosasta.aspx>

Kotimaisten kielten keskus. (2018). Kotimaisten kielten keskus. Noudettu 2.7.2018 osoitteesta Kielitoimiston sanakirja - Koru: <https://www.kielitoimiston-sanakirja.fi/>

Metsäteollisuus. (2018). Metsäteollisuus. Noudettu 3.8.2018 osoitteesta <https://www.metsateollisuus.fi/>

Partanen, P. (2017). Koru merkityksen kantajana. Noudettu 28.7.2018 osoitteesta <http://lauda.ulapland.fi/bitstream/handle/10024/62825/P%c3%a4ivi-Partanen2017Lopullinen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ruutiainen, P. (2012). Onko puhelinkoppi koru? - Nykykoru taiteen kentällä. Rovaniemi: Lapin yliopistokustannus

Setälä, H.;& Tammelin, T. (24.5.2017). Tulevaisuuden uudet selluloosatuotteet ja niiden sovellukset. VTT impulssi. Noudettu 2.7.2018 osoitteesta <https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Tulevaisuuden-uudet-selluloosatuotteet-ja-niiden-sovellukset.aspx>

Sipovaara, K. (2014). Mitä korusi kertoo - Miten teollinen muotilu voi vastata käyttäjien sosiokulttuurisiin vaatimuksiin. Noudettu 29.7.2018 osoitteesta https://lauda.ulapland.fi/bitstream/handle/10024/60822/PROGRADU_kaisa_sipovaara.pdf?sequence=2

Skinner, D. (2013). Contemporary Jewelry in Perspective. New York: Sterling Publishing

Untracht, O. (1987). Jewelry - concepts and technology. Iso-Britannia: Doubleday & Company

Verganti, R. (2009). Design-driven innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean. Boston: Harvard Business Press

Vuorinen, T. (2018). Material products from plant biomass. Helsinki: Aalto University

Kuvat: lines Jakovlev. Kuvat 16-19 malli: Josefiina Falck

